

**ANALISA LINE BALANCING GUNA MEMINIMUMKAN BALANCE DELAY DAN
MENINGKATKAN OUTPUT PRODUKSI DENGAN METODE BOBOT POSISI,
PEMBEBANAN BERURUT DAN PENDEKATAN WILAYAH**

**Hak Cipta © pada Penulis, hak penerbitan ada pada Penerbit UPN
"Veteran" Jatim**

Penulis : Ir. Nisa Masrurah, MT
Diset dengan : MS - Word Font Times New Roman 11 pt.
Halaman Isi : 91
Ukuran Buku : 16 x 23 cm
Cetakan I : 2009

Penerbit : UPN "Veteran" Jatim

ISBN : 978-602-9372-13-7

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Keseimbangan lintasan produksi merupakan suatu hal yang sangat penting dalam merencanakan hasil produksi. Diharapkan dengan mengatur aliran proses yang efisiensi dapat dicapai produksi yang optimal.

Lintasan produksi yang tidak seimbang dapat dilihat dari gejala menganggurnya beberapa orang atau peralatan disuatu pabrik dan sibuknya orang atau peralatan dipihak lain. Selain itu adanya penumpukan barang setengah jadi antara mesin satu dengan mesin yang lainnya, sehingga mengakibatkan meningkatnya *balance delay*.

Faktor manusiawi dalam diri manusia sering kali menjadi penyebab terlambatnya proses produksi. Faktor yang dimaksud adalah rasa lelah, bosan, sakit pada bagian tubuh tertentu. Selain faktor manusia keterbatasan fasilitas produksi biasa menimbulkan terhambatnya proses produksi. Fasilitas produksi meliputi jumlah mesin, luas area produksi, jumlah tenaga kerja, dan lain-lain. Hal ini sangat mempengaruhi produktivitas suatu perusahaan, bila hal tersebut tidak diperhatikan maka menyebabkan kurang efisiensinya aliran proses produksi. Sehingga lintasan produksi menjadi tidak seimbang antara bagian yang satu dengan bagian yang lain.

CV. Suhartono adalah suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pembuatan alat peraga pendidikan, misalnya salah satu jenis yang diproduksi adalah fiber anatomi. Kapasitas produksi CV. Suhartono dalam sehari adalah 40 buah, tetapi target yang dibebankan oleh perusahaan adalah 48 buah perhari.

Pada dasarnya proses produksi yang dilaksanakan sudah baik, meskipun demikian pihak perusahaan merasakan adanya masalah dalam ketepatan waktu dalam menyelesaikan hasil produksinya, ini selalu terlihat dari hasil bagian satu selalu mendahului bagian yang lain. Hal ini terlihat pada proses pencetakan, penggerindaan, pendempulan, pengamplasan, pengecatan, serta penomoran bagian-bagian dalam fiber anatomi yang membutuhkan waktu yang lama, sehingga terjadi penumpukan bahan baku pada proses tersebut, yang pada akhirnya mengakibatkan macetnya proses produksi pada operasi tersebut dan mengakibatkan pembengkakan biaya produksi. Pembengkakan biaya tersebut diakibatkan karena sebagian pekerja harus lembur untuk menyelesaikan proses produksi tersebut.

Lintasan produksi yang tidak seimbang akan menimbulkan masalah pada kapasitas produksi jika aliran proses produksi tidak dapat berjalan secara lancar. Sehingga terjadi penumpukan bahan baku pada proses pendempulan, pengamplasan, dan pengecatan sehingga terlihat terjadi *bottle neck* yang pada akhirnya mengakibatkan macetnya proses produksi, untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan keseimbangan lintasan yang diharapkan dapat membuat suatu perencanaan yang baik dari proses produksi. Dengan beban kerja yang seimbang diantara stasiun kerja, akan memberikan tingkat

efisiensi maksimal. Oleh karena itu, perlu adanya metode bobot posisi, pembebanan berurut, dan pendekatan wilayah yang bertujuan untuk menyeimbangkan lintasan produksi.

Hasil yang diharapkan dengan menggunakan metode bobot posisi, pembebanan berurut, dan pendekatan wilayah tersebut diharapkan lintasan produksi CV Suhartono bisa berjalan dengan lancar dan mampu memenuhi target produksinya.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahanya yaitu :

“Bagaimana upaya yang dilakukan untuk menyeimbangkan lintasan produksi agar tercapai target produksi yang diinginkan?”.

1.3. Batasan Masalah

Beberapa hal yang digunakan untuk membatasi cakupan penelitian ini adalah :

1. Produksi yang diamati adalah fiber anatomi dan hanya menyangkut analisa yang berkaitan dengan aspek-aspek teknis yang berhubungan dengan proses perakitan fiber anatomi.
2. Pengukuran waku kerja dilakukan dengan stopwatch.
3. Tidak memperhitungkan masalah biaya.
4. Analisa pengelompokan operasi-operasi kedalam stasiun kerja menggunakan metode bobot posisi, pembebanan berurut, dan pendekatan wilayah.
5. Waktu kerja yang dipakai dalam satu hari adalah 8 jam.

1.4. Asumsi-Asumsi

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Proses produksi dalam keadaan normal.
2. Fasilitas produksi tetap.
3. Mesin dan fasilitas produksi dalam kondisi normal.
4. Bahan- bahan yang digunakan / akan dipakai sudah tersedia.
5. Operator dalam keadaan sehat.
6. Jumlah pekerja tidak berubah pada waktu penelitian.
7. Tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menyeimbangkan lintasan kerja pada masing-masing stasiun kerja agar tercapai target produksi yang diinginkan.

1.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini diantaranya adalah :

Bagi Perusahaan

Memberikan masukan untuk keseimbangan lintasan kerja masing-masing stasiun kerja agar perusahaan dapat memenuhi permintaan konsumen.

Bagi Universitas

Dapat dipergunakan sebagai bahan bacaan atau bahan yang dapat dipelajari oleh pembaca lainnya, guna menambah ilmu pengetahuan.

Bagi Penulis

Dapat menerapkan teori – teori yang diperoleh selama penulis belajar di perguruan tinggi khususnya yang berkaitan dengan keseimbangan lintasan produksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Balance Delay*

Balance delay adalah ukuran dari ukuran ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu menganggur sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna di antara stasiun-stasiun kerja.

Pada umumnya merencanakan suatu keseimbangan lintasan bertujuan untuk mencapai kapasitas yang optimal, dimana terjadi penggunaan fasilitas yang seefisien mungkin. Dengan demikian, kriteria yang umum digunakan dalam suatu keseimbangan lintasan adalah meminimalkan keseimbangan waktu senggang (*balance delay*) dan memaksimalkan efisiensi lintasan. (Teguh, 2002)

Keseimbangan waktu senggang (*balance delay*) dihitung untuk memberikan gambaran apakah telah dicapai keseimbangan lintasan yang baik dengan menggunakan formulasi sebagai berikut :

$$BD = \frac{(N \cdot t_c) - \sum t_i}{(N \cdot t_c)} \times 100\%$$

Dimana :

- D = Keseimbangan waktu menganggur (*balance delay*)
- N = Jumlah stasiun kerja
- t_c = Waktu siklus terbesar dalam stasiun kerja
- $\sum t_i$ = Jumlah waktu operasi dari semua operasi

Sedangkan untuk mengetahui berapa besar prosentase efisiensi lintasan, dapat diperoleh dengan menggunakan formulasi sebagai berikut :

$$Effisiensi = 100 \% - BD$$

Selain itu, ada pula *smoothness index* (SI) yang menunjukkan kelancaran relatif dari suatu keseimbangan lintasan. Suatu *smoothness index* sempurna jika nilainya 0 atau disebut *perfect balance*. Dan dapat dihitung dengan menggunakan formulasi sebagai berikut :

$$SI = \sqrt{\sum (TSi_{\max} - TSi)^2}$$

Dimana:

TSi_{\max} = Waktu stasiun kerja maksimum

TSi = Waktu stasiun kerja ke-1

2.2. Keseimbangan Lintasan (*Line Balancing*)

Keseimbangan lintasan produksi adalah memaksimumkan efisiensi atau meminimumkan *balance delay*. Tujuan pokok dari penggunaan metode ini adalah untuk mengurangi atau meminimumkan waktu menganggur (*idle time*) pada lintasan yang ditentukan oleh operasi yang paling lambat.

Tujuan perencanaan keseimbangan lintasan adalah mendistribusikan unit-unit kerja atau elemen-elemen kerja pada setiap stasiun kerja agar waktu menganggur dari stasiun kerja pada suatu lintasan produksi dapat ditekan seminimal mungkin, sehingga pemanfaatan dari peralatan maupun operator dapat digunakan semaksimal mungkin.

Pembuatan suatu produk pada umumnya dilakukan melalui beberapa tahapan proses produksi pada beberapa departemen berupa aliran proses produksi. Aliran proses produksi dari suatu departemen ke departemen yang lainnya merupakan bagian dari waktu proses (waktu siklus) produk tersebut. Apabila terjadi hambatan atau ketidakefisiensian dalam suatu departemen akan mengakibatkan tidak lancarnya aliran material ke departemen berikutnya, sehingga terjadi waktu menunggu (*delay time*) dan penumpukan material (*material in proses storage*). (Teguh, 2002)

Keseimbangan lintasan produksi bermula dari lintasan produk massal dimana dalam proses produksinya harus dibagikan pada seluruh operator sehingga beban kerja operator merata. Jadi keseimbangan lintasan mempelajari bagaimana kita merancang suatu lintasan produksi agar tercapai keseimbangan beban yang dialokasikan pada setiap stasiun kerja dalam menghasilkan produk. *Line balancing* merupakan suatu metode penugasan sejumlah pekerjaan ke dalam stasiun-stasiun kerja memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus dari stasiun kerja tersebut (Nasution, 1999)

Langkah – langkah dalam keseimbangan lintasan :

1. Tentukan hubungan antara pekerjaan yang terlihat dalam suatu lintasan produksi dan hubungan antara pekerjaan tersebut digambarkan dalam *precedence diagram*.
2. Menentukan waktu siklus yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus :

$$CT = \frac{\text{Production Time per - hari}}{\text{Output per - hari (unit)}}$$

3. Menentukan jumlah minimum stasiun kerja teoritis yang dibutuhkan untuk memenuhi pembatas waktu siklus dengan menggunakan rumus :

$$N = \frac{\text{Jumlah total dari Waktu Pekerjaan setiap elemen}}{\text{Waktu Siklus } (t_c)}$$

4. Pilih metode untuk melakukan penyeimbangan lintasan.
5. Menghitung efisiensi lintasan, efisiensi stasiun kerja, waktu menganggur dan *balance delay* berdasarkan metode yang dipilih untuk melihat performansi keseimbangan lintasan produksi.
6. Menghitung kapasitas produksi yang dihasilkan dan produktivitas pekerja.

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{\text{Waktu Pr oduksi}}{\text{waktu siklus (CY)}}$$

$$\text{Produktivitas pekerja} = \frac{\text{kapasitaproduksi}}{\text{waktuproduksi(jam) x jumlahpekerja}}$$

2.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keseimbangan Lintasan

Kalau diperhatikan di dalam perusahaan baik proses produksinya bersifat *continuous* maupun *assembling* dan *sub assembling*, banyak sekali menghadapi persoalan-persoalan yang berhubungan dengan masalah keseimbangan lintasan. Agar supaya tingkat keseimbangan dalam proses produksi dapat dicapai harus diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan lintasan tersebut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan lintasan antara lain :

1. Terlambatnya bahan baku
2. Material handling yang kurang sempurna
3. Terjadinya kerusakan mesin
4. Bertumpuknya barang dalam proses pada tingkat proses tertentu
5. Kondisi mesin yang sudah tua
6. Kelemahan dalam merencanakan kapasitas mesin
7. Lay out yang kurang baik
8. Kualitas tenaga kerja yang kurang baik
9. Adanya *working condition* yang kurang baik

Agar tingkat keseimbangan dapat tercapai, maka faktor-faktor yang mempengaruhi tersebut harus diperkecil, sehingga tidak ada hambatan dalam usaha mencapai tingkat keseimbangan.

Untuk menyeimbangkan suatu lintasan perakitan, ada beberapa faktor yang menjadi pembatas, yaitu :

1. Pembatas Teknologi (*Precedence Constraint*)

Urutan proses serta ketergantungan yang digambarkan dalam diagram ketergantungan dan *Operating Process Chart* (OPC).

2. *Zoning Constraint*

Terdiri dari *positif zoning constraining* dan *negative zoning constrain*. *Positif zoning constrain* adalah elemen-elemen pekerjaan tertentu harus ditempatkan saling berdekatan dalam stasiun kerja yang sama. Sedangkan untuk *negatif zoning constrain* menyatakan bahwa jika satu elemen pekerjaan dengan

elemen pekerjaan lain sifatnya saling mengganggu, maka sebaiknya tidak diletakkan saling berdekatan.

3. Pembatas Fasilitas (*Facility Restriction*)

Pembatas ini terjadi apabila fasilitas atau mesin tidak dapat dipindahkan.

4. Pembatas Posisi (*Positional Restriction*)

Membatasi pengelompokan elemen-elemen kerja karena orientasi produk terhadap operator tertentu.

2.4. Metode Bobot Posisi

Metode bobot posisi merupakan metode heuristik yang paling awal dikembangkan. Metode ini dikembangkan oleh W.B. Helgeson dan D.P. Birnie. Metode bobot posisi pada suatu operasi bisa dinyatakan dengan jumlah waktu dari suatu operasi yang dicari bobot posisinya ditambah dengan semua waktu dari operasi-operasi yang mengikutinya pada *precedence diagram*. Langkah-langkah penyelesaiannya sebagai berikut (*Nasution, 1999*) :

1. Hitung waktu siklus yang diinginkan. Waktu siklus aktual adalah waktu siklus yang diinginkan atau waktu operasi terbesar jika waktu operasi terbesar itu lebih dari waktu siklus yang diinginkan
2. Buat matrik pendahulu berdasarkan jaringan kerja perakitan
3. Hitung bobot posisi tiap operasi yang dihitung berdasarkan jumlah waktu operasi tersebut dan operasi-operasi yang mengikutinya.
4. Urutkan operasi-operasi mulai dari bobot posisi terbesar sampai yang terkecil

5. Lakukan pembebanan operasi pada stasiun kerja mulai dari operasi dengan bobot posisi terbesar sampai terkecil, dengan kriteria total waktu operasi lebih kecil dan waktu siklus.
6. Gunakan prosedur trial and error untuk mencari pembebanan yang akan menghasilkan efisiensi rata-rata lebih besar dari efisiensi rata-rata pada langkah 6 diatas.
7. Ulangi langkah 6 dan 7 sampai titik ditentukan lagi stasiun kerja yang memiliki stasiun kerja yang memiliki efisiensi rata-rata yang lebih tinggi.

2.5. Metode Pembebanan Berurut

Kelemahan metode bobot posisi sebagaimana disebutkan sebelumnya dicoba diatasi dengan menggunakan metode pembebanan berurut. Langkah penugasan pekerjaan pada stasiun kerja dengan menggunakan metode ini berbeda pada urutan prioritas pembebanan pekerjaan. Langkah – langkah penyelesaian dengan menggunakan metode pembebanan berurut ini adalah sebagai berikut (*Nasution, 1999*) :

1. Hitung waktu siklus yang diinginkan. Waktu siklus aktual adalah waktu siklus yang diinginkan atau waktu operasi terbesar jika waktu operasi terbesar itu lebih besar dari waktu siklus yang diinginkan.
2. Buat matrik operasi pendahulu (P) dan operasi pengikut (F) untuk setiap operasi berdasarkan jaringan kerja perakitan.
3. Perhatikan baris di matrik kegiatan pendahulu P yang semuanya terdiri dari angka 0, dan beban elemen pekerjaan terbesar yang

mungkin terjadi, jika ada lebih dari 1 baris yang memiliki seluruh elemen sama dengan nol.

4. Perhatikan nomor elemen dibaris matriks kegiatan pengikut F yang bersesuaian dengan elemen yang telah ditugaskan. Setelah itu kembali perhatikan baris pada matriks P yang ditunjukkan, ganti nomor identifikasi elemen yang telah dibebankan ke stasiun kerja dengan nol.
5. Lanjutkan penugasan elemen-elemen pekerjaan itu pada tiap stasiun kerja dengan ketentuan bahwa waktu total operasi tidak melebihi waktu siklus. Proses ini dikerjakan hingga semua baris tidak melebihi waktu siklus.
6. Hitung efisiensi rata-rata stasiun kerja yang terbentuk.
7. Gunakan prosedur trial and error untuk mencari pembenanan yang akan menghasilkan efisiensi rata-rata lebih besar dari efisiensi rata-rata pada langkah 6 diatas.
8. Ulangi langkah 6 dan 7 sampai titik ditentukan lagi stasiun kerja yang memiliki stasiun kerja yang memiliki efisiensi rata-rata yang lebih tinggi.

2.6. Metode Pendekatan Wilayah

Metode ini dikembangkan oleh Bedworth untuk mengatasi kekurangan metode bobot posisi. Metode ini tetap tidak akan menghasilkan solusi optimal, tetapi solusi yang dihasilkannya sudah cukup baik dan mendekati optimal. Pada prinsipnya, metode ini berusaha membebaskan terlebih dahulu pada operasi yang memiliki tanggung jawab keterdahuluan yang besar. Bedworth menyebutkan

bahwa kegagalan metode bobot posisi ialah mendahulukan operasi dengan waktu operasi terbesar daripada operasi dengan waktu operasi yang tidak terlalu besar, tetapi diikuti oleh banyak operasi lainnya.

Langkah-langkah penyelesaiannya dengan menggunakan metode pendekatan wilayah adalah sebagai berikut (*Nasution, 1999*) :

1. Hitung waktu siklus yang diinginkan. Waktu siklus actual adalah waktu siklus yang diinginkan atau waktu operasi terbesar jika waktu operasi terbesar itu lebih dari waktu siklus yang diinginkan.
2. Bagi jaringan kerja kedalam wilayah-wilayah dari kiri kekanan. Gambar ulang jaringan kerja, tempatkan seluruh pekerjaan id daerah paling ujung sedapat-dapatnya.
3. Dalam tiap wilayah, urutan pekerjaan mulai dari waktu operasi terbesar sampai operasi terkecil.
4. Bebankan pekerjaan dengan urutan sebagai berikut (Perhatikan pula untuk menyesuaikan dari terhadap batas wilayah)
5. Pada akhir tiap pembebanan stasiun kerja, tentukan apakah utilisasi waktu tersebut telah dapat diterima. Jika tidak periksa seluruh pekerjaan yang memenuhi hubungan keterkaitan dengan operasi yang telah dibebankan. Putuskan apakah pertukaran-pertukaran pekerjaan tersebut akan meningkatkan utilisasi waktu stasiun kerja. Jika ya, lakukan perubahan tersebut. Penugasan pekerjaan selanjutnya menjadi lebih tetap.

2.7. Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran kerja yang dimaksud adalah pengukuran waktu standart atau waktu baku. Pengertian umum pengukuran kerja adalah suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator (yang memiliki skill/keahlian rata-rata dan terlatih) dalam melaksanakan kegiatan kerja dalam kondisi dan tempo kerja yang normal. Teknik pengukuran waktu kerja dapat dikelompokkan kedalam dua bagian yaitu : (Wignjosoebroto, 1992)

1. Pengukuran waktu kerja secara langsung

Pengukuran waktu kerja secara langsung adalah pengukuran waktu kerja yang dilaksanakan secara langsung ditempat dimana pekerjaan yang diukur dijalankan. Contoh : dari pengukuran kerja secara langsung dapat dilihat pada jam henti (*stopwatch time study*) dan sampling kerja (*work sampling*).

2. Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung

Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung adalah pengukuran waktu kerja dimana perhitungan waktu kerja dapat dilakukan tanpa harus berada ditempat kerja yang akan diukur. Aktivitas-aktivitas yang dilakukan adalah membaca tabel waktu yang tersedia asalkan mengetahui jalannya pekerjaan melalui elemen-elemen pekerjaan atau elemen-elemen gerakan. Cara ini bisa dilakukan dalam aktivitas data waktu baku (*standard data*) dan data waktu gerakan (*predetermined tim system*).

Berdasarkan penelitian Wignjosoebroto (2003) waktu standard secara definitif dinyatakan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk

menyelesaikan suatu pekerjaan. Waktu standard tersebut sudah menyangkup kelonggaran waktu (*allowance time*) yang diberikan dengan memperhatikan situasi dan kondisi yang harus diselesaikan.

A. Pengukuran Waktu Kerja Dengan Jam Henti

Pengukuran waktu kerja dengan jam henti ini lebih dikenal dengan metode time study yang mana metode ini adalah metode pertama dan tertua dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan stopwatch atau peralatan waktu lainnya. Dengan metode ini dapat ditentukan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas atau suatu pekerjaan.

Secara garis besar, langkah-langkah untuk pelaksanaan pengukuran waktu kerja dengan jam henti yaitu sebagai berikut :
(Wignjosoebroto, 1992)

1. Tes Keceragaman Data

Untuk melakukan uji keseragaman data diperlukan perhitungan :

a. Standart deviasi :

Adalah akar dari varians dimana semakin kecil standart deviasi sebuah data, maka semakin tidak bervariasi data tersebut dan sebaliknya, semakin besar standart deviasi sebuah data, maka semakin bervariasi data tersebut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \left(\frac{(\sum x)^2}{N}\right)}{N - 1}}$$

b. Standart error :

Adalah standart deviasi dibagi dengan akar sub grup data pengamatan.

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

c. Batas Kontrol :

1. Batas Kontrol Atas (BKA) :

Garis yang menyatakan penyimpangan paling tinggi dari “ nilai baku ” terdapat sejajar diatas central.

$$BKA = \bar{x} + k . \sigma$$

2. Batas Kontrol Bawah (BKB) :

Garis bawah yang sejajar dengan garis central.

$$BKB = \bar{x} - k . \sigma$$

d. Center line (CL) :

Garis tengah yang berada antara batas atas dan batas bawah

$$CL = \bar{x}$$

2. Uji Kecukupan Data

Untuk melakukan uji kecukupan data digunakan rumus

a. Tingkat ketelitian :

Merupakan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu penyelesaian sebenarnya.

$$S = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \times 100\%$$

b. Tingkat keyakinan :

Menunjukkan besarnya keyakinan pengukuran bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian.

$$CL = 100\% - S\%$$

c. Mencari nilai N'

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

dimana :

N' = Jumlah pengukuran yang seharusnya dilakukan.

n = Jumlah pengukuran yang telah dilakukan

k = Harga indeks yang besarnya tergantung dari tingkat kepercayaan yang dipakai

s = Tingkat ketelitian (dalam proses).

x = Waktu pengamatan.

3. Penyesuaian Waktu dengan Rating Performance Kerja

Aktifitas untuk menilai atau mengetahui kecepatan kerja operator dikenal dengan "rating performance". Dengan melakukan rating ini diharapkan waktu yang diukur dapat normal kembali. Ketidaknormalan dari waktu kerja ini diakibatkan oleh operator yang bekerja secara kurang wajar, yaitu bekerja dalam tempo atau kecepatan yang tidak sebagaimana mestinya, suatu saat terlalu cepat disaat yang lain terlalu lambat. Untuk menormalkan waktu hasil pengamatan, dilakukan dengan mengadakan penyesuaian, yaitu dengan cara mengalikan waktu pengamatan rata-rata faktor

penyesuain atau performace rating. Harga rata-rata faktor ini sebagai berikut :

- a. Apabila operator dirasakan bekerja terlambat, yaitu bekerja dengan kecepatan dibawah kewajaran (normal), maka rating faktor akan lebih kecil daripada satu ($P < 1$ atau $P < 100\%$).
- b. Apabila operator dirasakan bekerja terlalu cepat, yaitu bekerja dengan kecepatan diatas kewajaran (normal), maka rating faktor akan lebih besardaripada satu ($P > 1$ atau $P > 100\%$).
- c. Apabila operator bekerja secara manual atau wajar, maka rating faktor ini diambil sama dengan satu ($P = 1$ atau $P = 100\%$).

Untuk kondisi kerja dimana operasi secara penuh dilaksanakan oleh mesin, maka waktu yang diukur dianggap merupakan waktu yang normal. Beberapa sistem yang digunakan untuk memberikan rating yang umumnya dipakai dan diaplikasikan ke dalam aktivitas pengukuran kerja, diantaranya:

- a. Skill and Effort
- b. Westinghouse System's Rating
- c. Sinthetic rating

4. Perhitungan Waktu Normal

Perhitungan waktu normal dilakukan untuk menyesuaikan waktu pengamatan berdasarkan performance kerja yang ditunjukan oleh operator sehingga diperoleh waktu kerja normal dan dirumuskan sebagai berikut:

Waktu Normal = waktu observasi rata-rata x performance rating.

5. Menghitung waktu siklus rata-rata untuk tiap elemen kegiatan (W_s)

Waktu siklus merupakan waktu yang diperlukan untuk melaksanakan elemen-elemen kerja dalam satu kali melakukan kerja dan dirumuskan sebagai berikut :

$$W_s = \frac{\sum X_{ij}}{N}$$

6. Perhitungan Waktu Baku

Waktu baku merupakan waktu yang digunakan sebagai patokan dalam menyelesaikan suatu operasi kerja. Waktu yang akan digunakan harus mencakup semua elemen-elemen kerja dan ditambah dengan kelonggaran-kelonggaran (*allowance*) yang perlu, sehingga waktu baku diperoleh dengan menjumlahkan waktu normal dengan perkalian antara waktu normal dan allowance atau dirumuskan sebagai berikut:

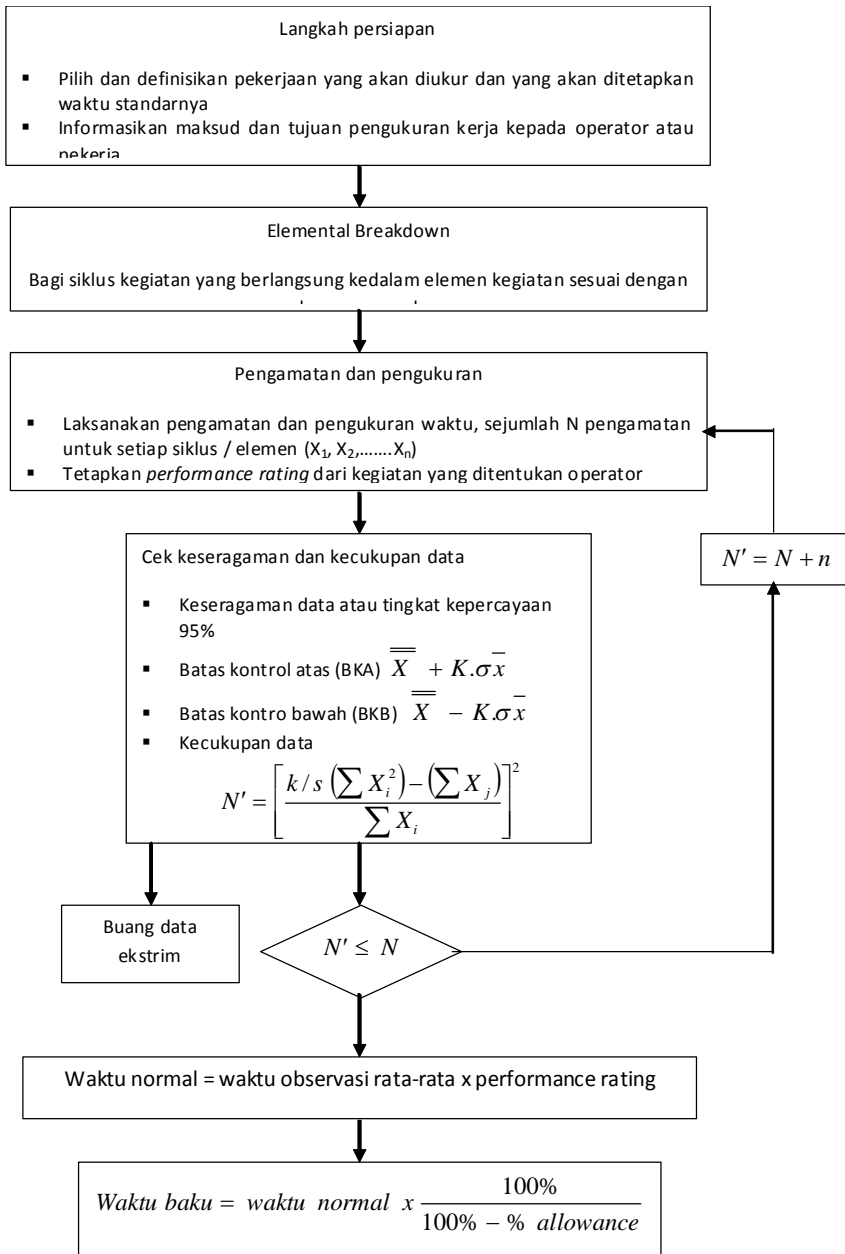
$$\text{Waktu baku} = \text{Waktu normal} \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{ allowance}}$$

7. Penetapan Output Standar

Output standar merupakan output kerja yang dihasilkan oleh seorang pekerjadengan kemampuan rata-rata dalam satu siklus kerja. Output standar ini berasal dari perhitungan waktu baku. Output standar dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Output standar (Os)} = \frac{1}{\text{Waktubaku (Wb)}}$$

langkah-langkah untuk pelaksanaan pengukuran waktu kerja dengan jam henti dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1. : Langkah-langkah pengukuran waktu kerja

2.8. Penyesuaian (*Rating Performance Kerja*)

Penyesuaian adalah waktu untuk mengetahui kecepatan atau tempo kerja operator yang dilihat dari berbagai macam segi yaitu ketrampilan, usaha, kondisi kerja, konsistensi pada saat pengukuran kerja berlangsung. (*Wignjosuebrotto, 1992*)

Setelah pengukuran berlangsung, pengukur harus mengamati kewajaran kerja yang ditujukan pada operator. Ketidakwaajaran dapat terjadi apabila bekerja tanpa kesungguhan. Seolah-olah diburu oleh waktu, sebab ini mempengaruhi kecepatan kerja yang berlaku sangat relatif singkat. karena waktu baku yang diperoleh dari kondisi dan cara kerja yang baku yang diselesaikan secara wajar.

Andai kata ketidak wajaran ada maka pengukur harus mengetahuinya dan menilai seberapa jauh hal itu terjadi. Penilaian perlu diadakan karena berdasarkan inilah penyesuaian dapat dilakukan. Jadi jika pengukur mendapatkan harga rata-rata siklus/elemen yang diketahui dapat diselesaikan dengan kecepatan tidak wajar oleh operator, maka agar harga rata-rata tersebut menjadi wajar, pengukur harus menormalkannya dengan melakukan penyesuaian. (*Sutalaksana, 1979*)

a. Konsep Tentang Bekerja Wajar

Biasanya melalui pengamatan seseorang pengukur dapat melihat bagaimana hal tersebut ditunjukkan oleh operator. Dalam kehidupan sehari-hari biasanya sering kita rasakan yaitu bila disuatu tempat melihat seorang yang tidak bekerja. Untuk memudahkan pemilihan konsep wajar, seorang pengukur dapat

mempelajari bagaimana bekerjanya seorang operator yang dianggap normal. Yaitu jika seorang operator dianggap memiliki pengalaman dalam suatu pekerjaan dan menunjukkan kinerja.

b. Beberapa Cara Menentukan Faktor Penyesuaian

Cara pertama adalah dengan cara persentase yang merupakan cara yang paling awal digunakan dalam melakukan penyesuaian. Disini besarnya faktor penyesuaian ditentukan oleh pengukur melalui pengamatannya selama melakukan pengukuran. Jadi sesuai dengan pengukuran. Dia menentukan harga pengukuran yang menurut pendapatnya akan menghasilkan waktu normal. Misalnya si pengukur berpendapat bahwa $p = 110 \%$. Jika waktu siklusnya telah terhitung sama dengan 14,6 menit, maka waktu normalnya adalah sebagai berikut :

$$W_n = 14,6 \times 1,1 = 16,6 \text{ menit}$$

Telihat bahwa penyesuaiannya diselesaikan dengan cara yang sangat sederhana. Memang cara ini paling mudah dan paling sederhana. Cara-cara ini memberikan patokan yang dimaksudkan untuk mengarahkan penilaian pengukur terhadap cara kerja operator. Disini akan dikemukakan beberapa cara diantaranya adalah cara Shumard, Westinghouse.

Cara Shumard memberikan patokan-patokan penilaian melalui kelas-kelas performance kerja dimana setiap kelas mempunyai nilai sendiri-sendiri.

Tabel 2.1. Penyesuaian menurut Shumard

Kelas	Penyesuaian	Kelas	Penyesuaian
Superfast	100	Good -	65
Fast +	95	Normal	60
Fast	90	Fair +	55
Fast -	85	Fair	50
Excellent	80	Fair -	45
Good +	75	Poor	40
Good	70		

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengukur diberi patokan untuk menilai *performansi* kerja operator menurut kelas-kelas, harga penyesuaian menurut cara Shumard :

- a. Kelas *Superfast* (lebih cepat) dengan nilai penyesuaian 100
- b. Kelas *Fast +* (cepat +) dengan nilai penyesuaian 95
- c. Kelas *Fast* (cepat) dengan nilai penyesuaian 90
- d. Kelas *Fast -* (cepat -) dengan nilai penyesuaian 85
- e. Kelas *Excellent* (utama) dengan nilai penyesuaian 80
- f. Kelas *Good +* (bagus +) dengan nilai penyesuaian 75
- g. Kelas *Good* (bagus) dengan nilai penyesuaian 70
- h. Kelas *Good -* (bagus -) dengan nilai penyesuaian 65
- i. Kelas Normal dengan nilai penyesuaian 60
- j. Kelas *Fair +* (baik +) dengan nilai penyesuaian 55
- k. Kelas *Fair* (baik) dengan nilai penyesuaian 50
- l. Kelas *Fair -* (baik -) dengan nilai penyesuaian 45

m. Kelas *Poor* (kurang) dengan nilai penyesuaian 40

Misalnya, seorang yang dipandang bekerja normal diberi nilai 60, dengan nama performance kerja yang lain dibandingkan untuk menghitung faktor penyesuaian. Bila performance seorang operator dinilai *excellent* maka orang itu mendapatkan nilai 80, dan karenanya faktor penyesuaiannya yaitu :

$$P = 80/60 = 1.33$$

Jika waktu siklus dengan rata-rata sama dengan 276,4 detik, maka waktu normalnya :

$$W_n = 276,4 \times 1,33 = 367,6 \text{ detik}$$

Berbeda dengan cara Shumard diatas, cara Westinghouse mengarahkan penilaian pada 4 faktor yang dianggap menentukan kewajaran atau ketidakwajaran dalam bekerja yaitu ketrampilan, usaha, kondisi kerja dan konsistensi. Setiap faktor terbagi kedalam kelas-kelas dengan nilainya masing-masing. Metode ini dipilih karena dalam melakukan penyesuaian ada empat faktor yang diperhatikan yang akan mempengaruhi performance kerja manusia, yaitu:

1. Ketrampilan (*skill*)

Difeni sebagai kemampuan untuk mengikuti cara kerja yang ditetapkan. Dimana keterampilan dapat ditingkatkan melalui latihan-latihan, tetapi hanya sampai pada tingkat tertentu saja yang merupakan batas kemampuan maksimal yang dimiliki operator. Ketrampilan dapat menurun karena berbagai sebab, misalnya akibat lamanya tidak melakukan pekerjaan tersebut, atau sebab-sebab lain seperti : sakit, terlalu capai dan sebagainya.

2. Usaha (*effort*)

Didefinisikan sebagai kesungguhan yang diberikan oleh seorang operator dalam melaksanakan pekerjaannya. Untuk usaha atau *effort* cara Westinghouse membagi juga atas kelas-kelas dengan cirri masing-masing. Yang dimaksud dengan usaha disini adalah kesungguhan yang ditunjukkan atau dibeikan operator ketika melakukan pekerjaannya.

Tabel 2.2. Penyesuaian menurut Westinghouse

Factor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Ketrampilan	Superskill	A1	+ 0,15
		A2	+ 0,13
	Excellent	B1	+ 0,11
		B2	+ 0,08
	Good	C1	+ 0,06
		C2	+ 0,03
	Average	D	0,00
	Fair	E1	- 0,05
		E2	- 0,10
	Poor	F1	- 0,16
		F2	- 0,22
Usaha	Excessive	A1	+ 0,13
		A2	+ 0,12
	Excellent	B1	+ 0,10
		B2	+ 0,08
	Good	C1	+ 0,05
		C2	+ 0,02
	Average	D	0,00
	Fair	E1	- 0,04
		E2	- 0,08
	Poor	F1	- 0,12
		F2	-0,17
Kondisi kerja	Ideal	A	+ 0,06
	Excellenty	B	+ 0,04
	Good	C	+ 0,02
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,03
	Poor	F	- 0,07
Konsistensi	Perfect	A	+ 0,04
	Excellent	B	+ 0,03
	Good	C	+ 0,01
	Average	D	0,00
	Fair	E	- 0,02
	Poor	F	- 0,04

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa faktor penyesuaian menurut cara Westinghouse adalah sebagai berikut :

- a. Ketrampilan dikatakan *Fair* (baik), kriterianya yaitu tampak terlatih tetapi belum cukup baik, mengenal peralatan dan lingkungan secukupnya, terlihat adanya perencanaan-perencanaan sebelum melakukan gerakan, mengetahui apa yang dilakukan dan harus dilakukan tetapi tampak tidak selalu yakin, sebagian waktu terbuang karena kesalahan-kesalahan sendiri, jika tidak bekerja sungguh-sungguh outputnya akan sangat rendah, biasanya tidak ragu-ragu dalam menjalankan gerakan-gerakannya dengan harga penyesuaian -0,05 dan -0,10.
- b. Usaha yang dikeluarkan *Good* (bagus), kriterianya yaitu bekerja berirama, saat-saat menganggur sangat jarang bahkan kadang-kadang tidak ada, penuh perhatian pada pekerjaannya, senang pada pekerjaannya, kecepataannya baik dan dapat dipertahankan sepanjang hari, percaya pada kebaikan maksud pengukuran waktu, menerima saran-saran dan petunjuk-petunjuk dengan senang, dapat member saran-saran untuk perbaikan kerja, tempat kerjanya diatur baik dan rapi, menggunakan alat-alat yang tepat dengan baik, memelihara dengan baik kondisi peralatan dengan harga penyesuaian +0,05 dan +0,02.
- c. Kondisi kerja dikatakan *ideal* karena setiap pekerjaan tidak selalu sama, karena setiap pekerjaan mempunyai karakteristik dan beban kerja yang berbeda-beda dengan harga penyesuaian +0,06.

- d. Konsistensi dikatakan *Poor* (kurang), sebagai kemampuan seorang operator untuk mempertahankan kestabilan kerjanya dengan harga penyesuaian +0,06.

2.9. Kelonggaran (*Allowance*)

Kelonggaran adalah waktu yang diberikan pada seseorang, dalam waktu melakukan pekerjaan yaitu kelonggaran untuk waktu kebutuhan pribadi, kelonggaran untuk menghilangkan rasa fatigue atau lelah, kelonggaran untuk hambatan-hambatan tak terhindarkan (*Sutalaksana, 1979*).

Sehubungan dengan penggunaan sampling kerja untuk mendapatkan kelonggaran ada dua hal yang perlu diperhatikan. Pertama adalah sifat kegiatan dari kegiatan kelonggaran yang selalu tampak sebagai kegiatan yang berdiri sendiri. Misalnya untuk menghilangkan rasa faham, operator tidak selalu berhenti bekerja tapi juga dengan melambatkan kecepatan kerja. Hal ini tidak dapat terdeteksi selama kunjungan-kunjungan dilakukan, namun paling tidak dengan sampling pekerjaan didapat kelonggaran untuk yang tampak seolah-olah dapat dipergunakan sebagai kelonggaran minimal untuk pekerjaan yang bersangkutan, atau apabila ditambahkan sejumlah kelonggaran lagi atasnya akan kelonggaran yang diharapkan sepantasnya (*Sutalaksana, 1979*).

Macam macam kelonggaran yang terjadi pada manusia tersebut yaitu :

a. Kelonggaran Untuk Kebutuhan Pribadi

Yang termasuk dalam kehidupan sehari-hari yaitu minum sekadarnya untuk menghilangkan rasa haus, bercakap-cakap dengan teman sepekerja, sekedar untuk menghilangkan rasa lelah dan ketegangan selama bekerja. Kebutuhan ini jelas-jelas sebagai sesuatu yang mutlak. Besarnya kelonggaran untuk kebutuhan pribadi itu berbeda antara bekerja pada bagian yang satu dengan bagian yang lain

. b. Kelonggaran Untuk Menghilangkan Rasa Fatigue

Rasa Fatigue umumnya adalah menurunnya hasil produksi baik jumlah maupun kualitas. Karena salah satu cara untuk menentukan hasil besarnya kelonggaran ini adalah dengan melakukan pengamatan sepanjang hari kerja dan mencatat dimana hasil produksi menurun tetapi masalahnya adalah kesulitan dalam menentukan pada saat menurunnya hasil produksi disebabkan oleh timbulnya rasa fatigue karena masih banyak kemungkinan lain yang dapat menyebabkannya.

Jika rasa fatigue telah datang maka pekerja harus bekerja untuk menghasilkan performance normalnya. Maka usaha yang dikeluarkan oleh pekerja lebih besar dari normalnya dan ini akan menambah rasa fatigue. Karena itulah kelonggaran untuk melepaskan rasa lelah karena fatigue ini perlu ditambahkan. Besarnya kelonggaran untuk kebutuhan pribadi ditunjukkan pada tabel 2.3.

b. Kelonggaran untuk Hambatan-hambatan Tak Terhindarkan

Dalam melaksanakan pekerjaannya, pekerja tidak akan lepas dari berbagai hambatan. Ada hambatan yang dapat dihindarkan seperti mengobrol yang berlebihan dan menganggur dengan sengaja ada pula

hambatan yang tidak dapat dihindarkan karena berada diluar kekuasaan pekerja untuk mengendalikannya.

Beberapa contoh yang termasuk kedalam hambatan tak terhindarkan adalah menerima atau meminta petunjuk kepada pengawas, melakukan penyesuaian-penyesuaian mesin, mengambil alat-alat khusus atau bahan-bahan khusus gudang.

Tabel 2.3. Besarnya kelonggaran berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh

Faktor	Contoh Pekerjaan	Ekivalen Beban	Kelonggaran (%)	
A. Tenaga yang dikeluarkan			Pria	Wanita
1. Dapat diabaikan	Bekerja dimeja, duduk	tanpa beban	0,0-6,0	0,0-6,0
2. Sangat ringan	Bekerja di meja, berdiri	0,00-2,25 kg	6,0-7,5	6,0-7,5
3. Ringan	Menyekop, ringan	2,25-9,00	7,5-12,0	7,5-16,0
4. Sedang	Mencangkul	9,00-18,00	12,0-19,0	16,0-30,0
5. Berat	Mengayun palu yang berat	19,00-27,00	19,0-30,0	
6. Sangat Berat	Memanggul beban	27,00-50,00	30,0-50,0	
7. Luar biasa berat	Memanggul karung berat	dias 50 kg		
B. Sikap bekerja				
1. Duduk	Bekerja duduk, ringan		0,00-1,0	
2. Berdiri diatas dua kaki	Badan tegak, ditumpu dua kaki		1,0-2,5	
3. Berdiri diatas satu kaki	Satu kaki mengerjakan alat control		2,5-4,0	
4. Berbaring	Pada bagian sisi, blakang atau depan badan		2,5-4,0	
5. Membungkuk	Badan dibungkukkan bertumpu pada kedua kaki		4,0-10	
C. Gerakan kerja				
1. Normal	Ayunan bebas dari palu		0	
2. Agak Terbatas	Ayunan terbatas dari palu		0-5	
3. Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan		0-5	
4. Pada anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan diatas kepala		5-10	
5. Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja dilorong pertambangan yang sempit		10-15	
D. Kelelahan mata			Pencahayaayaan baik	Buruk
1. Pandangan yang terputus-putus	Membawa alat ukur		0,0-6,0	0,0-6,0
2. Pandangan yang hampir terus menerus	Pekerjaan-pekerjaan yang teliti		6,0-7,5	6,0-7,5
3. Pandangan terus menerus dengan fokus berubah-ubah	Memeriksa cacat-cacat pada kain		7,5-12,0	7,5-16,0

Faktor	Contoh Pekerjaan		Kelonggaran (%)	
4. Pandangan terus menerus dengan fokus tetap	Pemeriksaan yang sangat teliti		12,0-19,0 19,0-30,0 30,0-50,0	16,0-30,0
E. Keadaan temperatur tempat kerja	Temperatur (C)	Kelemahan normal	Berlebihan diatas 12	
1. Beku	Dibawah 0	dias 10	12-5	
2. Rendah	0-13	10-0	8-0	
3. Sedang	13-22	5-0	0-8	
4. Normal	22-28	0-5	8-100	
5. Tinggi	28-38	5-40	dias 100	
6. Sangat tinggi	dias -38	dias 40		
F. Keadaan atmosfer				
1. Baik	Ruang yang berventilasi baik, udara segar		0	
2. Cukup	Ventilasi kurang baik, ada bau-bauan (tidak berbahaya)		0-5	
3. Kurang baik	Adanya debu-debu beracun, atau tidak beracun tapi banyak		5-10	
4. Buruk	Adanya bau-bauan berbahaya yang mengharuskan menggunakan alat-alat pemapasan		10-20	
G. Keadaan lingkungan yang baik				
1. Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah			0	
2. Siklus kerja berulang-ulang antara 5-10 detik			0-1	
3. Siklus kerja berulang-ulang antara 0-5 detik			1-3	
4. Sangat bising			0-5	
5. Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas			0-5	
6. Terasa adanya getaran lantai			5-10	
7. Keadaan-keadaan yang luar biasa			5-15	

Sumber : (Sutalaksana, 1979)

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwaBesarnya kelonggaran berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh :

- Tenaga yang dikeluarkan dikatakan sedang, contoh pekerjaan mencangkul dengan kelonggaran ekivalen beban 9,00-18,00 Kg untuk Pria 12,0-19,0 %.
- Sikap kerja pada posisi berdiri diatas dua kaki (badan tegak, ditumpu dua kaki) dengan kelonggaran 1,0-2,5 %.
- Gerakan kerja dikatakan sulit apabila membawa beban berat dengan satu tangan dengan kelonggaran 0-5 %.
- Kelelahan mata terjadi apabila pandangan yang hampir terus menerus seperti pada saat mengerjakan pekerjaan-pekerjaan yang teliti dengan kelonggaran pencahayaan yang baik 6,0-7,5 %, dan dikatakan buruk 6,0-7,5 %.
- Keadaan temperatur tempat kerja dikatakan normal apabila temperatur ruangan 22-28 °C dengan kelonggaran kelemahan normal 0-5 % dan dikatakan berlebihan 0-8 %.

- F. Keadaan atmosfer dikatakan cukup apabila ventilasi kurang baik, ada bau-bauan (tidak berbahaya) dengan kelonggaran 0-5 %.
- G. Keadaan lingkungan yang baik, dengan siklus kerja berulang-ulang antara 5-10 detik dengan kelonggaran 0-1 %.







2.10. Peta Proses Operasi (*Operation Process Chart*)

Teknik ini terutama untuk melihat operasi mandiri dari tiap komponen atau rakitan. Peta ini akan memberikan gambaran yang lebih cermat tentang pola aliran produksi dibanding dengan peta rakitan karena peta ini menambahkan data kuantitatif pertama pada usulan perencanaan aliran.

Peta proses operasi adalah salah satu teknik yang paling berguna dalam perencanaan produksi. Kenyataannya, peta ini adalah diagram tentang proses dan telah digunakan dalam berbagai cara sebagai alat perencanaan dan pengendalian. Dengan tambahan data lain, peta ini dapat digunakan sebagai alat manajemen.

Untuk keperluan pembuatan peta proses ini maka oleh American Society of Mechanical Engineers (ASME) telah dibuat beberapa symbol standard yang menggambarkan macam/jenis aktivitas yang umum dijumpai dalam proses produksi, yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.4. Simbol-simbol yang dipergunakan dalam pembuatan peta proses (ASME Standard)

SIMBOL ASME	NAMA KEGIATAN	DEFINISI KEGIATAN
	OPERASI	Kegiatan operasi terjadi bilamana sebuah objek (benda kerja/bahan baku) mengalami perubahan bentuk baik secara fisik maupun kimiawi, perakitan dengan objek lainnya atau dirakit, dan lain-lain.
	INSPEKSI	Kegiatan inspeksi terjadi bilamana sebuah objek mengalami pengujian ataupun pengecekan ditinjau dari segi kualitas ataupun kuantitas.
	TRANSPORTASI	Kegiatan transportasi terjadi bilamana sebuah objek dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Bilamana gerakan perpindahan tersebut merupakan bagian dari operasi/inspeksi seperti halnya dengan loading/unloading material maka hal tersebut bukan termasuk kegiatan transportasi.
	MENUNGGU (DELAY)	Proses menunggu terjadi bila material, benda kerja, operator atau fasilitas kerja dalam keadaan berhenti atau tidak mengalami kegiatan apapun. Biasanya obyek terpaksa menunggu atau ditinggalkan sementara sampai suatu saat di kerjakan/diperlukan kembali.
	MENYIMPAN (STORAGE)	Proses penyimpanan terjadi bilamana objek disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama. Disini objek akan disimpan secara permanen dan dilindungi terhadap pengeluaran/pemindahan tanpa ijin khusus.
	AKTIVITAS GANDA	Bilamana dikehendaki untuk menunjukkan kegiatan-kegiatan yang secara bersama dilakukan oleh operator pada stasiun kerja yang sama pula, seperti kegiatan operasi yang harus dilakukan bersama dengan kegiatan inspeksi.

Sumber : (Wignjosoebroto, 2003)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi pengumpulan data untuk penyusunan tugas akhir ini dilakukan pada CV Suhartono yang terletak di Jalan Cemeng Kapuk No. 10 Kelurahan Cemeng Kalang Sidoarjo. Sedangkan untuk pengumpulan dan pengolahan data dilakukan pada bagian produksi. Dan waktu pelaksanaannya sendiri dilakukan mulai bulan Juni 2008.

3.2. Identifikasi Variabel

Variabel-variabel yang digunakan dalam permasalahan yang sedang diteliti adalah sebagai berikut :

1. Variabel Terikat

Adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel-variabel bebas, dimana variabel terikatnya adalah keseimbangan lintasan.

2. Variabel Bebas

Adalah variabel-variabel yang mempengaruhi variabel terikat :

- a. Jumlah pekerja tiap stasiun kerja
- b. Waktu siklus
- c. Waktu normal
- d. Waktu baku

3.3. Metode Pengumpulan Data

Sebelum diadakan analisa dan pembahasan masalah, maka perlu diadakan pengumpulan data-data yang berhubungan dengan permasalahan yang dibahas.

Adapun metode-metode yang ditetapkan dalam pengumpulan data antara lain :

1. *Library Research* (Studi kepustakaan)

Studi kepustakaan adalah suatu metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mempelajari ilmu dari literatur-literatur yang mempunyai hubungan langsung dengan permasalahan yang dihadapi, sehingga diperoleh teori-teori yang sesuai atau relevan dengan penyelesaian masalah.

2. *Field Research* (Studi lapangan)

Studi lapangan adalah metode pengumpulan data yang dilakukan dengan investigasi langsung ke objek penelitian. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

- a. Data primer, yaitu data yang berasal dari pengamatan langsung ke sumber data kemudian dihitung langsung sesuai dengan kebutuhan.
- b. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh peneliti dari pengumpulan data yang ada diperusahaan. Adapun informasi atau data yang diperoleh berupa arsip-arsip yang dikumpulkan dan ada kaitannya dengan penelitian ini, antara lain : data proses produksi, jumlah tenaga kerja, dan data-data yang lainnya.

Teknik-teknik dalam pengumpulan data di lapangan antara lain:

1. Observasi

Adalah pengumpulan data yang dilakukan dengan pengamatan secara langsung di lapangan.

2. Interview

Adalah suatu metode untuk memperoleh data dan keterangan dengan cara mengadakan komunikasi secara langsung dengan pimpinan ataupun operator tentang hal-hal yang berhubungan dengan obyek yang diteliti, khususnya yang terlibat langsung dengan pelaksanaan sehari-hari.

Data yang dikumpulkan adalah waktu proses yang akan diolah menjadi waktu baku sebagai dasar perhitungan dalam menentukan kapasitas produksi.

Disamping itu juga membutuhkan data mengenai lingkungan kerja seperti temperatur, kelembaban, cahaya, kebisingan, dan lain-lain. Hal tersebut digunakan untuk mendapatkan faktor kelonggaran. Ketrampilan dan usaha tenaga kerja serta kondisi kerja digunakan untuk mendapatkan faktor penyesuaian.

Waktu baku ditetapkan berdasarkan perhitungan waktu proses (beban kerja) yang dipengaruhi oleh faktor penyesuaian dan ditambah faktor kelonggaran. Sebelum dilakukan perhitungan waktu baku, perlu dilakukan pengujian keseragaman dan kecukupan data untuk menunjukkan bahwa data layak dipakai.

3.4. Metode Analisis Data

Setelah data yang diperlukan telah diperoleh dari pengamatan kemudian dilakukan analisis dengan *line balancing* meliputi waktu proses, perhitungan kemampuan produksi tiap-tiap stasiun kerja dan perhitungan jumlah karyawan. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Pengolahan dan pengukuran waktu beban kerja

Pengolahan dan pengukuran waktu beban kerja ini dimaksudkan untuk mengetahui waktu baku dan output standard masing-masing stasiun kerja pada lintasan produksi. Setelah melakukan pengolahan data kemudian dilakukan pengujian keseragaman dan kecukupan data. Adapun cara-cara melakukan pengujian keseragaman dan kecukupan data adalah sebagai berikut :

a. Pengujian keseragaman data

Keseragaman data dimaksudkan untuk mengetahui bahwa data yang diambil telah berada dalam batas-batas kontrol, langkah-langkah yang harus dilakukan sebagai berikut :

1. Mengelompokkan data kedalam sub group yang sama secara berurutan.
2. Menghitung harga rata-rata dari sub group yang sama besarnya secara berurutan dengan persamaan :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_{ij}}{l}$$

3. Menghitung standard deviasi dari waktu penyelesaian, berdasarkan persamaan :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\left(X_{ij} - \overline{X_{ij}}\right)^2}{N-1}}$$

4. Mengitung standard rata-rata sebenarnya dari waktu penyelesaian berdasarkan persamaan :

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{I}}$$

5. Menghitung derajat ketelitian tiap operator (*degree of accuracy*) berdasarkan persamaan :

$$s = \left(\frac{\sigma_{\bar{x}}}{\overline{\overline{X}}} \right) . 100 \%$$

6. Menghitung tingkat keyakinan (*convidence level*) atau tingkat kepercayaan berdasarkan persamaan :

$$CL = 100\% - s\%$$

7. Menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB), berdasarkan persamaan :

$$BKA = \overline{\overline{x}} + k . \sigma$$

$$BKB = \overline{\overline{x}} - k . \sigma$$

8. Analisa keseragaman data

Data dikatakan seragam bila data-data tersebut terletak di dalam batas-batas kontrol dan apabila ada data yang diluar batas control (data ektrim), maka data tersebut harus dikeluarkan dari perhitungan dan selanjutnya dilakukan pengujian keseragaman data kembali.

- b. Pengujian kecukupan data

Pengujian kecukupan data dilakukan bila seluruh data hasil pengukuran telah seragam dan dilakukan perhitungan jumlah pengamatan teoritis yang diperlukan (N') berdasarkan persamaan :

$$N' = \left[\frac{k / s \sqrt{N \sum X_{ij}^2 - (\sum X_{ij})^2}}{\sum X_{ij}} \right]^2$$

Dimana hasil $N \geq N'$ dan jika $N' > N$ maka pengamatan harus ditambah lagi sehingga data yang diperoleh dapat memberikan tingkat keyakinan dan derajat ketelitian sesuai dengan yang diinginkan.

2. Perhitungan output standard

Bila data-data tersebut telah seragam dan cukup menurut derajat ketelitian dan tingkat keyakinan yang diharapkan, maka selanjutnya adalah menghitung output standard untuk masing-masing stasiun kerja. Cara menghitung output standard adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung waktu siklus rata-rata untuk tiap elemen kegiatan (W_s), berdasarkan persamaan :

$$W_s = \frac{\sum X_{ij}}{N}$$

- b. Menghitung waktu normal (W_n), berdasarkan persamaan :

$$W_n = W_s \times p$$

- c. Menghitung waktu baku (W_b), berdasarkan persamaan :

$$W_b = \text{Waktu normal} \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{ Allowance}}$$

d. Menghitung output standard (Os), berdasarkan persamaan :

$$O_s = 1 / W_b$$

Faktor penyesuaian dan kelonggaran yang digunakan adalah metode Westing House System's Rating.

3. Menentukan model keseimbangan lintasan

Dalam melakukan analisa keseimbangan lintasan, digunakan metode heuristic yang dipergunakan untuk memecahkan masalah. Dengan cara melakukan analisa secara teknis dengan menghitung :

a. Menghitung *balance delay* (BD), berdasarkan persamaan :

$$BD = \frac{(N \cdot t_c) - \sum t_i}{(N \cdot t_c)} \times 100\%$$

b. Menghitung *effisiensi lintasan*, berdasarkan persamaan :

$$Effisiensi = 100\% - BD$$

c. Menghitung *output produksi* (Q), berdasarkan persamaan :

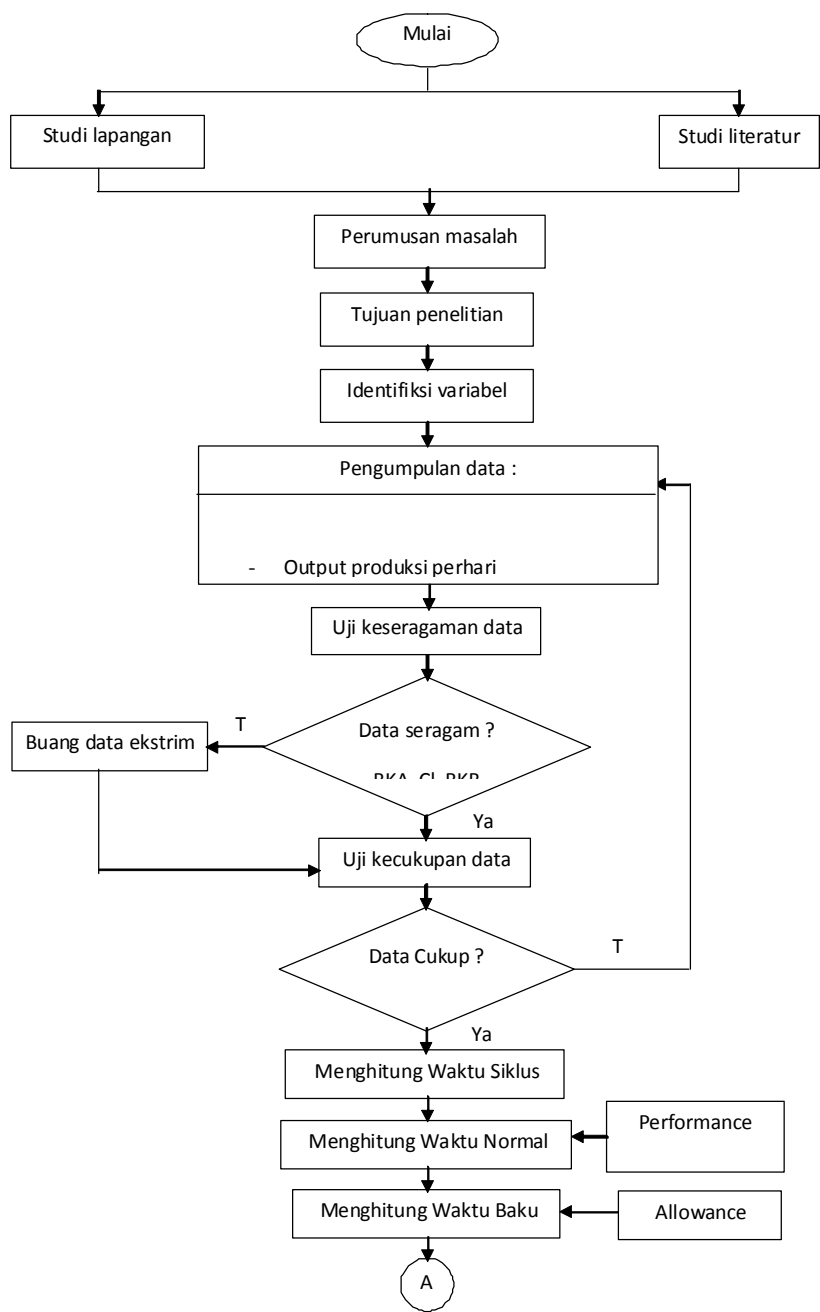
$$Q = \frac{T}{t_c}$$

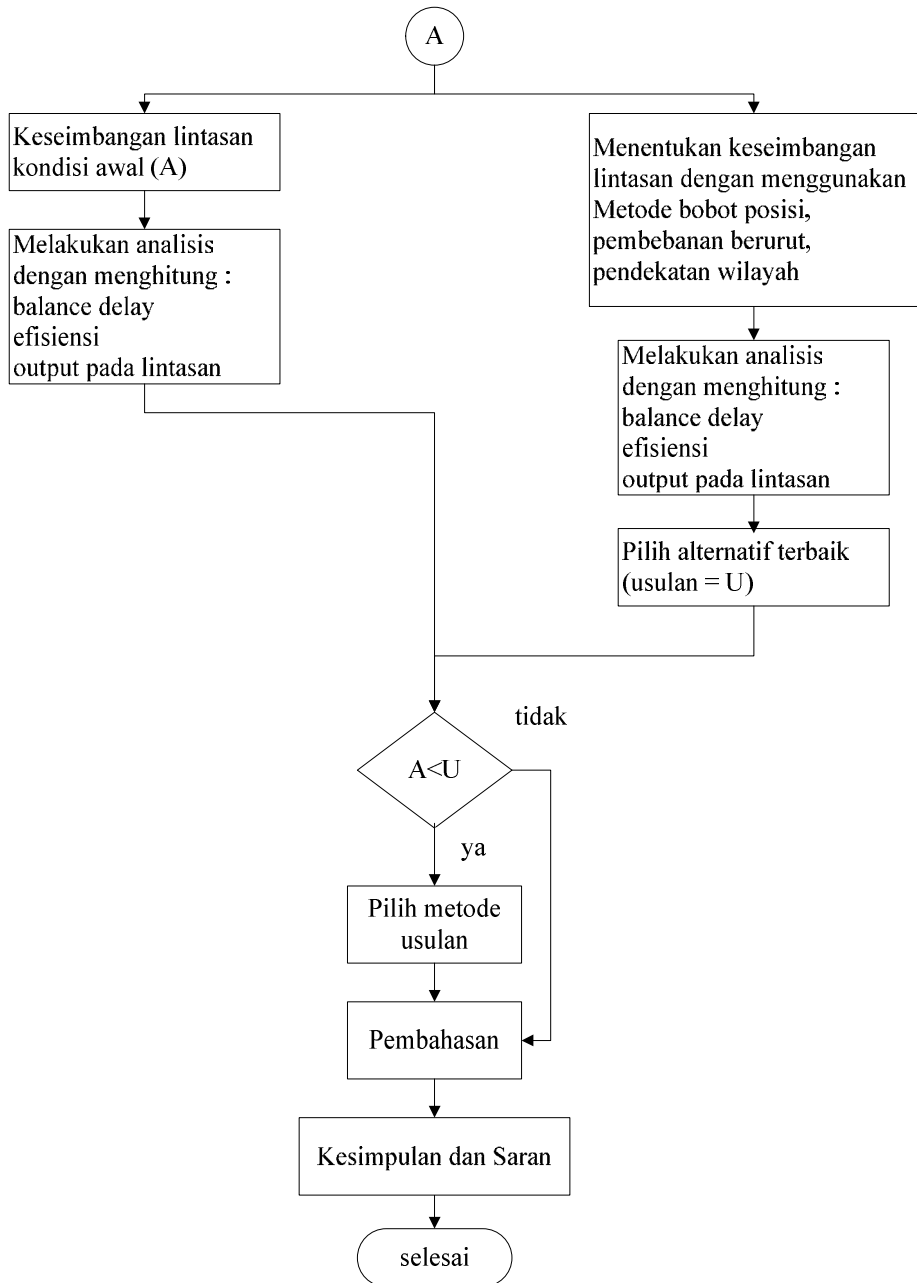
Berdasarkan metode yang dipergunakan untuk melihat performansi keseimbangan lintasan produksi dari masing-masing metode. Dan ditentukan alternatif keseimbangan lintasan yang terbaik.

4. Melakukan perbandingan kondisi usulan dengan kondisi awal

Dari hasil penentuan model keseimbangan lintasan produksi dan analisa teknis, kemudian dilakukan perbandingan *balance delay*, *effisiensi lintasan*, dan *output* yang terjadi pada lintasan produksi dengan kondisi awal.

3.5. Langkah-Langkah Pemecahan Masalah





Gambar 3.1 Langkah-langkah Pemecahan Masalah

Flow Chart penyelesaian masalah :

1. Rumusan masalah

Pada penelitian ini dirumuskan suatu masalah yaitu :

“ Bagaimana upaya yang dilakukan untuk menyeimbangkan lintasan produksi agar tercapai target produksi yang diinginkan”.

Sebelum merumuskan suatu masalah, dilakukan studi lapangan dan studi pustaka terlebih dahulu.

2. Tujuan Penelitian

Pada langkah ini peneliti menetapkan tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian. Dari tujuan penelitian dapat ditemukan arah serta sasaran yang ingin dicapai dalam penelitian. Tujuan penelitian ini diuraikan dalam bab 1.

3. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data-data pada proses produksi, meliputi pengukuran waktu produksi dan output produksi.

4. Uji keseragaman data

Melakukan pengujian data waktu proses produksi, jika data seragam (data-data yang berada didalam batas kontrol atas dan batas kontrol bawah) langsung ke pengujian uji kecukupan data. Jika tidak, buang data yang ekstrim kemudian ke pengujian kecukupan data.

5. Uji kecukupan data

Melakukan pengujian data waktu proses produksi, jika data cukup langsung menghitung WS, WN, dan WB. Jika tidak melakukan pengumpulan data ulang.

6. Menghitung WS, WN, dan WB.

7. Dari WB dihitung keseimbangan lintasan awal dan lintasan dengan metode usulan. Jika kondisi awal lebih kecil dari kondisi usulan maka pilih metode usulan, dan jika kondisi awal lebih baik dari usulan maka langsung ke pembahasan.
8. Analisa dan pembahasan
Lakukan pembahasan terhadap hasil dari penelitian yang dilakukan.
9. Kesimpulan dan saran
Memberikan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan dan memberikan saran yang berguna bagi perusahaan.
10. Selesai

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Proses Produksi

Dalam penelitian ini penulis meneliti proses produksi fiber anatomi. Proses produksi fiber anatomi tersebut ada 64 operasi, dimana prosesnya adalah pencetakan, penggerindaan, pendempulan, pengamplasan, pengecatan, dan penomoran. Dimana CV. Suhartono mempunyai jam kerja efektif 8 jam dengan kapasitas produksi dalam satu harinya sebesar 40 buah, tetapi perusahaan mempunyai target produksi tiap harinya sebesar 48 buah fiber anatomi.

Berikut ini adalah proses pembuatan fiber anatomi.

Tabel 4.1. Proses pembuatan fiber anatomi

Stasiun kerja	No operasi	Keterangan operasi
1	0-1	Pencetakan pada body
	0-2	Pencetakan pada kantong kemih
	0-3	Pencetakan pada ginjal
	0-4	Pencetakan pada usus
	0-5	Pencetakan pada lambung
	0-6	Pencetakan pada hati
	0-7	Pencetakan pada jantung
	0-8	Pencetakan pada paru-paru
2	0-9	Penggerindaan pada body
	0-10	Penggerindaan pada kantong kemih
	0-11	Penggerindaan pada ginjal
	0-12	Penggerindaan pada usus
	0-13	Penggerindaan pada lambung
	0-14	Penggerindaan pada hati
	0-15	Penggerindaan pada jantung

	0-16	Penggerindaan pada paru-paru
3	0-17	Pendempulan pada body
	0-18	Pendempulan pada kantong kemih
	0-19	Pendempulan pada ginjal
	0-20	Pendempulan pada usus
	0-21	Pendempulan pada lambung
	0-22	Pendempulan pada hati
	0-23	Pendempulan pada jantung
	0-24	Pendempulan pada paru-paru
4	0-25	Pengamplasan pada body
	0-26	Pengamplasan pada kantong kemih
	0-27	Pengamplasan pada ginjal
	0-28	Pengamplasan pada usus
	0-29	Pengamplasan pada lambung
	0-30	Pengamplasan pada hati
	0-31	Pengamplasan pada jantung
5	0-32	Pengamplasan pada paru-paru
	0-33	Pengecatan dasar pada body
	0-34	Pengecatan dasar pada kantong kemih
	0-35	Pengecatan dasar pada ginjal
	0-36	Pengecatan dasar pada usus
	0-37	Pengecatan dasar pada lambung
	0-38	Pengecatan dasar pada hati
	0-39	Pengecatan dasar pada jantung
6	0-40	Pengecatan dasar pada paru-paru
	0-41	Pengecatan warna pada body
	0-42	Pengecatan warna pada kantong kemih
	0-43	Pengecatan warna pada ginjal
	0-44	Pengecatan warna pada usus
	0-45	Pengecatan warna pada lambung
	0-46	Pengecatan warna pada hati
	0-47	Pengecatan warna pada jantung
7	0-48	Pengecatan warna pada paru-paru
	0-49	Penomoran pada body
	0-50	Penomoran pada kantong kemih
	0-51	Penomoran pada ginjal
	0-52	Penomoran pada usus
	0-53	Penomoran pada lambung
	0-54	Penomoran pada hati
	0-55	Penomoran pada jantung

	0-56	Penomoran pada paru-paru
	0-57	Penggabungan kantong kemih dengan body
	0-58	Penggabungan ginjal dengan body
	0-59	Penggabungan usus dengan body
	0-60	Penggabungan lambung dengan body
	0-61	Penggabungan hati dengan body
	0-62	Penggabungan jantung dengan body
	0-63	Penggabungan paru-paru dengan body
	0-64	Pengepakan

(Sumber Informasi : Data Dari Perusahaan)

4.2. Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran waktu adalah metode untuk mencapai ketepatan data yang berguna dalam perbaikan dan pengontrolan kerja melalui waktu kerja yang dihasilkan oleh operator. Dari hasil pengamatan secara langsung dengan menggunakan stopwatch diperoleh waktu proses terbesar terletak pada operasi ke 41 yaitu proses pengecatan warna pada body sedangkan waktu proses terkecil terletak pada operasi ke 51 yaitu proses penomoran pada ginjal.

Berikut ini adalah langkah-langkah yang digunakan untuk mencari waktu baku yang digunakan untuk menganalisa keseimbangan lintasan

A. Uji keseragaman data

Secara teoritis apa yang dilakukan dalam pengujian ini adalah berdasarkan teori-teori tentang peta kontrol yang biasanya digunakan dalam melakukan pengendalian kualitas di pabrik atau tempat kerja yang lain.

Tujuan mengukur waktu kerja adalah untuk mendapatkan data yang seragam. Karena keseragaman yang dapat “mendeteksi” batas-batas

kontrol yang dibentuk dari data merupakan batas seragam tidaknya data. Data yang dikatakan seragam yaitu bila data berada diantara kedua batas kontrol dan tidak seragam, yaitu jika data berada diluar batas kontrol.

Tabel 4.2. Waktu Pencetakan pada body

n	waktu (menit)							ΣX	\bar{X}	ΣX^2
	1	2	3	4	5	6	7			
1	19.2	19.3	18.1	20.4	18.3	20.5	18.2	134.00	19.14	2571.28
2	20.2	20.3	18.2	19.3	19.1	18.2	20.1	135.40	19.34	2623.92
3	21.2	21.1	19.2	19.3	20.2	20.1	19.2	140.30	20.04	2816.47
4	20.2	20.3	20.3	19.2	18.2	18.2	19.3	135.70	19.39	2635.83
jumlah								545.40	77.91	10647.50

(Sumber Informasi : Hasil Pengolahan Data Lampiran E)

- a. Rata-rata dari harga rata-rata sub grub

$$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}}{n} = \frac{77.91}{4} = 19.48$$

- b. Standart Deviasi (σ)

$$\begin{aligned}
 SD &= \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{(19.2-19.48)^2 + (19.3-19.48)^2 + + (19.3-19.48)^2}{28-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{23.88}{27}} = 0.92
 \end{aligned}$$

- c. Standard deviasi dari distribusi harga rata-rata sub grup

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0.92}{\sqrt{4}} = 0.46$$

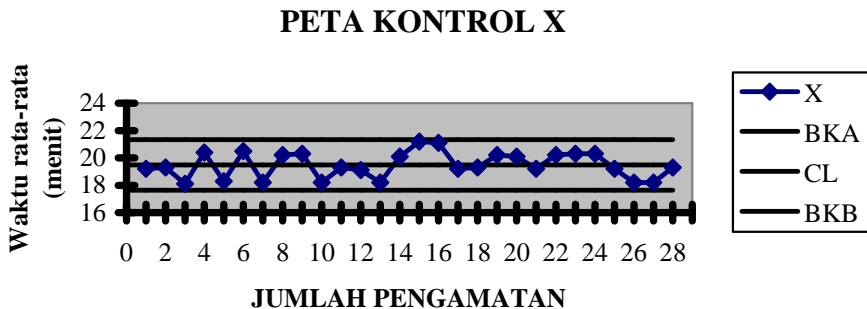
- d. Untuk tingkat kepercayaan = 95 %, maka $k = 2$

$$\begin{aligned} \text{Batas Kontrol Atas (BKA)} &= \bar{\bar{x}} + k \cdot \sigma \\ &= 19.48 + 2 (0.92) = 21.33 \end{aligned}$$

$$\text{Garis Tengah (GT)} = \bar{\bar{x}} = 19.48$$

$$\begin{aligned} \text{Batas Kontrol Bawah (BKB)} &= \bar{\bar{x}} - k \cdot \sigma \\ &= 19.48 - 2 (0.92) = 17.63 \end{aligned}$$

- e. Peta kontrol X



Dari data diatas dapat dilihat bahwa tidak ada data yang berada diluar batas (*outlier*), sehingga data dapat dikatakan seragam dan tidak perlu dilakukan pengukuran ulang.

B. Uji kecukupan data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mendapatkan tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang merupakan pencerminan tingkat

kepastian yang diinginkan oleh pengukur setelah memutuskan tidak akan melakukan pengukuran yang sangat banyak karena data sudah mencukupi. Untuk melakukan uji kecukupan data digunakan rumus :

a. Tingkat Ketelitian

$$S = \frac{\sigma_x}{X} \times 100\% = \frac{0.46}{19.48} \times 100\%$$

$$= 2.37 \% = 0.0237$$

b. Tingkat Keyakinan

$$CL = 100 \% - S$$

$$= 100 \% - 2.37 \%$$

$$= 97.63 \% = 0.9763$$

c. Mencari Nilai k

$$CL = 0.9763$$

$$x_1 = 0.9761 \quad \longrightarrow \quad y_1 = 1.98$$

$$x = 0.9763 \quad \longrightarrow \quad y = \dots\dots\dots?$$

$$x_2 = 0.9767 \quad \longrightarrow \quad y_2 = 1.99$$

$$\frac{x - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{y_2 - y_1}$$

$$\frac{0.9763 - 0.9761}{0.9767 - 0.9761} = \frac{y - 1.98}{1.99 - 1.98}$$

$$\frac{0.0002}{0.0006} = \frac{y - 1.98}{0.01}$$

$$0.0006 \times (y - 1.98) = 0.0002 \times 0.01$$

$$y - 1.98 = \frac{0.0002 \times (0.01)}{0.0006}$$

$y = 1.983 \longrightarrow y = k = 1.983$ (dari tabel Appendix)

$$\begin{aligned} \text{d. } N' &= \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 = \left[\frac{1.983/0.0237 \sqrt{28(10647.50) - (545.40)^2}}{545.40} \right]^2 \\ &= \left[\frac{83.67 \times 25.86}{545.40} \right]^2 \\ &= 15.7320 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh $N' = 15.7320$ sedangkan $N = 28$, maka $N' < N$ yang berarti bahwa data tersebut cukup sehingga tidak perlu dilakukan pengukuran ulang.

C. Menghitung waktu siklus

Waktu siklus merupakan rata-rata dari pengukuran waktu kerja yang dilakukan tiap operasi.

$$W_s = \frac{\sum \bar{X}}{L} = \frac{77.91}{4} = 19.48 \text{ menit}$$

D. Menghitung waktu normal

Aktifitas untuk menilai atau mengetahui kecepatan kerja operator dikenal dengan "*Performance Rating (PR)*".

Penyesuaian menurut Westinghouse

Ketrampilan	: good (C1)	= + 0.06
Usaha	: Good (C2)	= + 0,02
Kondisi Kerja	: Average (D)	= + 0
Konsistensi	: good (C)	= + 0,01
Total		= + 0,09

$$P = 1 \pm PR = 1 + 0,09 = 1.09$$

$P > 1$ maka operator bekerja cepat

Perhitungan waktu normal dilakukan untuk menyesuaikan waktu pengamatan berdasarkan performance kerja yang ditunjukkan oleh operator

$$\begin{aligned} WN &= WS \times P \\ &= 19.48 \times 1.09 \\ &= 21.23 \text{ menit} \end{aligned}$$

Waktu normal yang dibutuhkan pekerja setelah disesuaikan dengan *Performance Rating* (PR) adalah selama 21.23 menit.

E. Menghitung waktu baku

Waktu baku merupakan waktu yang digunakan sebagai patokan dalam menyelesaikan suatu operasi kerja. Waktu yang akan digunakan harus mencakup semua elemen-elemen kerja dan ditambah dengan kelonggaran-kelonggaran (*allowance*) yang perlu, sehingga waktu baku diperoleh dengan menjumlahkan waktu normal dengan perkalian antara waktu normal dan *allowance*.

Allowance menurut Sतालaksana

Tenaga yang dikeluarkan (sangat ringan)	= 6.0 %
Sikap kerja	= 1.0 %
Gerakan kerja (normal)	= 0 %
Kelelahan mata (pandangan yang hampir terus menerus)	= 6.0 %
Keadaan temperatur tempat kerja (sedang)	= 2.0 %
Keadaan atmosfer	= 0 %
Keadaan lingkungan yang baik (bersih dan sehat)	= 0 %

$$Allowance = 15 \%$$

$$\begin{aligned} WB &= WN \times \frac{100\%}{100\% - Allowance} \\ &= 21.23 \times \frac{100\%}{100\% - 15\%} \\ &= 24.98 \text{ menit} \end{aligned}$$

Analisa : Waktu baku yang dibutuhkan seorang pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan pekerjaan ini sebesar 24.98 menit.

Berikut ini adalah hasil dari perhitungan lampiran E yang didapat didalamnya yaitu waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku setiap operasi, mulai dari operasi 1 sampai 64.

Tabel 4.3. Hasil perhitungan waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku

No operasi	Waktu siklus (menit)	Waktu normal (menit)	Waktu baku (menit)
0-1	19.48	21.23	24.98
0-2	2.41	2.62	3.09
0-3	2.35	2.56	3.01
0-4	2.41	2.63	3.09
0-5	2.40	2.62	3.08
0-6	2.39	2.60	3.06
0-7	2.41	2.62	3.09
0-8	2.40	2.62	3.08
0-9	5.78	6.30	7.41
0-10	1.82	1.98	2.33
0-11	1.85	2.02	2.38
0-12	1.90	2.07	2.44
0-13	1.93	2.10	2.47
0-14	1.96	2.13	2.51
0-15	2.02	2.20	2.59
0-16	2.07	2.25	2.65
0-17	8.91	9.71	11.43

0-18	2.91	3.18	3.74
0-19	2.99	3.26	3.83
0-20	3.00	3.27	3.84
0-21	3.01	3.28	3.86
0-22	3.00	3.27	3.85
0-23	3.02	3.29	3.87
0-24	3.00	3.27	3.85
0-25	6.00	6.54	7.69
0-26	2.01	2.20	2.58
0-27	2.04	2.22	2.61
0-28	2.05	2.23	2.63
0-29	2.03	2.22	2.61
0-30	2.03	2.21	2.60
0-31	2.04	2.22	2.61
0-32	2.08	2.27	2.67
0-33	5.93	6.46	8.28
0-34	1.82	1.98	2.54
0-35	1.85	2.02	2.59
0-36	1.90	2.07	2.66
0-37	1.93	2.10	2.70
0-38	1.96	2.13	2.73
0-39	2.02	2.20	2.82
0-40	2.07	2.25	2.89
0-41	43.78	47.71	61.17
0-42	2.91	3.18	4.07
0-43	3.91	4.27	5.47
0-44	7.94	8.66	11.10
0-45	4.88	5.32	6.82
0-46	5.78	6.30	8.08
0-47	6.94	7.57	9.70
0-48	8.91	9.71	12.45
0-49	7.11	7.75	9.11
0-50	0.24	0.26	0.31
0-51	0.24	0.26	0.30
0-52	1.83	2.00	2.35
0-53	1.04	1.13	1.33
0-54	1.45	1.58	1.86
0-55	1.04	1.13	1.33
0-56	1.45	1.58	1.86

0-57	1.82	1.98	2.33
0-58	1.85	2.02	2.38
0-59	1.90	2.07	2.44
0-60	1.93	2.10	2.47
0-61	1.96	2.13	2.51
0-62	2.02	2.20	2.59
0-63	2.07	2.25	2.65
0-64	13.23	14.42	16.97

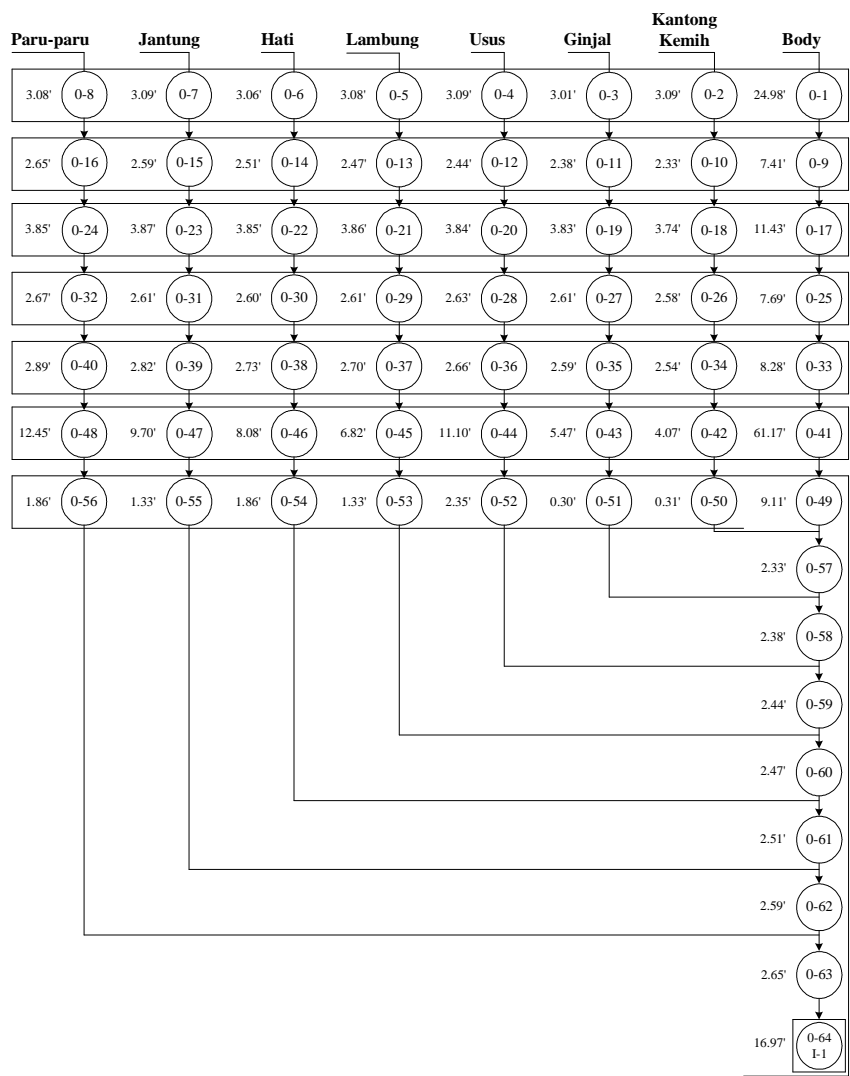
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 4.3. perhitungan waktu baku didapatkan waktu baku terbesar pada operasi 41 dan waktu baku terkecil pada operasi 51.

4.3. Keseimbangan Lintasan Kondisi Awal

Pada mulanya perusahaan belum mempunyai sistem *line balancing*, karena itu dilakukan analisa kondisi awal perusahaan dengan menentukan waktu baku yang diperoleh dari pengelompokkan operasi-operasi kerja kedalam stasiun kerja awal. Waktu siklus ditetapkan berdasarkan waktu stasiun kerja terbesar dari hasil pengelompokkan operasi kerja kedalam stasiun kerja awal. Berikut ini diberikan hasil pengelompokkan operasi-operasi kerja kedalam stasiun kerja awal pada tabel 4.4.

Kondisi Awal Perusahaan



Gambar 4.1. Lintasan Kerja Kondisi Awal

Tabel 4.4. Pembagian operasi kedalam stasiun kerja berdasarkan kondisi awal perusahaan, dibagi menjadi 7 stasiun kerja sebagai berikut :

Stasiun kerja	Operasi kerja	Waktu baku (menit)	Total Waktu (menit)
1	0-1	24.98	46.48
	0-2	3.09	
	0-3	3.01	
	0-4	3.09	
	0-5	3.08	
	0-6	3.06	
	0-7	3.09	
	0-8	3.08	
2	0-9	7.41	24.78
	0-10	2.33	
	0-11	2.38	
	0-12	2.44	
	0-13	2.47	
	0-14	2.51	
	0-15	2.59	
	0-16	2.65	
3	0-17	11.43	38.27
	0-18	3.74	
	0-19	3.83	
	0-20	3.84	
	0-21	3.86	
	0-22	3.85	
	0-23	3.87	
	0-24	3.85	
4	0-25	7.69	26
	0-26	2.58	
	0-27	2.61	
	0-28	2.63	
	0-29	2.61	
	0-30	2.60	
	0-31	2.61	
	0-32	2.67	

5	0-33	8.28	27.21
	0-34	2.54	
	0-35	2.59	
	0-36	2.66	
	0-37	2.70	
	0-38	2.73	
	0-39	2.82	
	0-40	2.89	
6	0-41	61.17	118.86
	0-42	4.07	
	0-43	5.47	
	0-44	11.10	
	0-45	6.82	
	0-46	8.08	
	0-47	9.70	
	0-48	12.45	
7	0-49	9.11	52.79
	0-50	0.31	
	0-51	0.30	
	0-52	2.35	
	0-53	1.33	
	0-54	1.86	
	0-55	1.33	
	0-56	1.86	
	0-57	2.33	
	0-58	2.38	
	0-59	2.44	
	0-60	2.47	
	0-61	2.51	
	0-62	2.59	
	0-63	2.65	
	0-64	16.97	
Jumlah			334.39

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 4.4. diatas tampak bahwa jumlah stasiun kerja ada 7 stasiun kerja. Sedangkan waktu stasiun kerja terbesar terdapat pada stasiun kerja ke 6 yaitu 118.86 menit dan jumlah waktu baku keseluruhan tiap-tiap operasi kerja adalah 334.39 menit.

Stasiun kerja 1 diisi oleh operasi 0-1 sampai 0-8 dengan total waktu siklus 46.48 menit, stasiun kerja 2 diisi oleh operasi 0-9 sampai 0-16 dengan total waktu siklus 24.78 menit, stasiun kerja 3 diisi oleh operasi 0-17 sampai 0-24 dengan total waktu siklus 38.27 menit, stasiun kerja 4 diisi oleh operasi 0-25 sampai 0-32 dengan total waktu siklus 26 menit, stasiun kerja 5 diisi oleh operasi 0-33 sampai 0-40 dengan total waktu siklus 27.21 menit, stasiun kerja 6 diisi oleh operasi 0-41 sampai 0-48 dengan total waktu siklus 118.86 menit, dan stasiun kerja 7 diisi oleh operasi 0-49 sampai 0-64 dengan total waktu siklus 52.79 menit

Dari hasil pengelompokkan operasi kerja kedalam stasiun kerja awal seperti yang terlihat pada tabel 4.4. diatas diperoleh waktu terbesar yaitu 118.86 menit yang dianggap sebagai waktu siklus dari stasiun kerja awal. Selain itu dapat diketahui bahwa proses dari tiap-tiap stasiun kerja tidak seimbang yang dikarenakan waktu siklus tiap stasiun kerja berbeda, sehingga waktu tunggu yang timbul sangat besar

Jumlah stasiun kerja = 7

$$\begin{aligned} \text{Balance delay (BD)} &= \frac{(N \cdot t_c) - \sum t_i}{(N \cdot t_c)} \times 100\% \\ &= \frac{(7 \times 118.86) - 334.39}{7 \times 118.86} \times 100\% = 59.80\% \end{aligned}$$

Dengan kondisi awal didapat nilai *balance delay* sebesar 59.80 % dari waktu pembuatan fiber anatomi sebesar 334.39 menit.

$$\begin{aligned}\text{Effisiensi lintasan} &= 100 \% - \text{BD} \\ &= 100 \% - 59.80 \% = 40.2 \%\end{aligned}$$

Besar efisiensi lintasan kondisi awal dengan menggunakan 7 stasiun kerja sebesar 40.2 %.

Jumlah produk (Q) yang dihasilkan dengan 8 jam kerja, yaitu :

$$Q = \frac{T}{t_c} = \frac{8 \text{ jam} \times 60}{118.86} = 4.03 \approx 4 \text{ buah}$$

Karena pada proses produksi fiber anatomi menggunakan 10 tenaga kerja, maka output yang dihasilkan tiap harinya adalah $10 \times 4 = 40$ buah per hari.

4.4. Keseimbangan Lintasan Kondisi Usulan

Dalam analisa keseimbangan lintasan, metode yang akan digunakan untuk pemecahan masalah terdiri dari :

- Metode bobot posisi
- Metode pembebanan berurut
- Metode pendekatan wilayah

Ketiga metode ini pada dasarnya bertujuan untuk mencapai keseimbangan lintasan. Perbedaan terletak pada cara untuk mengalokasikan operasi-operasi kerja kedalam stasiun kerja. Hasil dan analisa ini akan dipilih yang terbaik. Data-data waktu baku yang telah diperoleh akan digunakan untuk menghitung keseimbangan lintasan produksi yang optimal.

4.4.1. Pengelompokkan Operasi Berdasarkan Bobot Posisi

Dengan menggunakan algoritma bobot posisi, maka langkah pertama yang harus dilakukan yaitu menentukan waktu siklus, dimana waktu operasi yang terbesar ialah 61.17 menit. Untuk itu, kita akan menggunakan 61.17 menit sebagai waktu siklus aktual.

Langkah berikutnya ialah memindahkan lintasan kerja pada gambar 4.1. menjadi matrik pendahulu seperti terlihat pada lampiran B. Angka 1 mewakili operasi yang harus mengikuti operasi sebelumnya, dan angka nol mewakili operasi yang tidak memiliki hubungan keterdahuluhan. Jika operasi pendahulu diletakkan pada baris, sementara operasi pengikut diletakkan pada kolom, maka setengah matrik dibagian bawah diagonal akan terdiri dari angka nol. Sebagai contoh, operasi 0-9 harus mengikuti operasi 0-1 (operasi 0-9 baru dapat dilakukan setelah operasi 0-1 selesai). Atau bisa dinyatakan sebaliknya, operasi 0-1 harus mendahului operasi 0-9.

Penentuan bobot posisi untuk tiap operasi harus dihitung. Bobot posisi didefinisikan sebagai total waktu operasi itu sendiri dan seluruh operasi pengikutnya, sebagai contoh, operasi 0-1 bobot posisinya ialah total waktu operasi 0-1 dan operasi pengikutnya (0-9, 0-17, 0-25, 0-33, 0-41, 0-49, 0-57, 0-58, 0-59, 0-60, 0-61, 0-62, 0-63, dan 0-64) seperti terlihat digambar 4.1. yaitu sebesar :

$$24.98+7.41+11.43+7.69+8.28+61.17+9.11+2.33+2.38+2.44+2.47+2.51+2.59+2.65+16.97 = 164.41,$$

untuk operasi 0-2, bobot posisinya ialah total waktu operasi 0-2 dan operasi pengikutnya (operasi 0-10, 0-18, 0-26, 0-34, 0-42, 0-50, 0-57, 0-58, 0-59, 0-60, 0-61, 0-62, 0-63,

dan 0-64) sebesar : $3.09+2.33+3.74+2.58+2.54+4.07+0.31+2.33+2.38+2.44+2.47+2.51+2.59+2.65+16.97 = 53$. Hasil perhitungan bobot posisi untuk tiap operasi disajikan pada tabel 4.5. Setelah melakukan perhitungan bobot posisi untuk tiap operasi, langkah selanjutnya mengurutkan rangking terbesar sampai dengan rangking terakhir. Hal ini dilakukan sebagaimana terlihat pada tabel 4.6. Selanjutnya, urutan operasi yang dibebankan pada stasiun kerja diprioritaskan menurut urutan bobot posisi.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.5. dibawah ini :

Tabel 4.5. Hasil perhitungan bobot posisi untuk tiap operasi

Operasi	Waktu Baku	Bobot Posisi	Operasi Pendahulu
0-1	24.98	164.41	-
0-2	3.09	53	-
0-3	3.01	52.2	-
0-4	3.09	57.73	-
0-5	3.08	50.06	-
0-6	3.06	49.41	-
0-7	3.09	48.22	-
0-8	3.08	49.07	-
0-9	7.41	139.43	0-1
0-10	2.33	49.91	0-2
0-11	2.38	49.19	0-3
0-12	2.44	54.64	0-4
0-13	2.47	46.98	0-5
0-14	2.51	46.35	0-6
0-15	2.59	45.13	0-7
0-16	2.65	45.99	0-8
0-17	11.43	132.02	0-9
0-18	3.74	47.58	0-10
0-19	3.83	46.81	0-11
0-20	3.84	52.2	0-12
0-21	3.86	44.51	0-13

0-22	3.85	43.84	0-14
0-23	3.87	42.54	0-15
0-24	3.85	43.34	0-16
0-25	7.69	120.59	0-17
0-26	2.58	43.84	0-18
0-27	2.61	42.98	0-19
0-28	2.63	48.36	0-20
0-29	2.61	40.65	0-21
0-30	2.60	39.99	0-22
0-31	2.61	38.67	0-23
0-32	2.67	39.49	0-24
0-33	8.28	112.9	0-25
0-34	2.54	41.26	0-26
0-35	2.59	40.37	0-27
0-36	2.66	45.73	0-28
0-37	2.70	38.04	0-29
0-38	2.73	37.39	0-30
0-39	2.82	36.06	0-31
0-40	2.89	36.82	0-32
0-41	61.17	104.62	0-33
0-42	4.07	38.72	0-34
0-43	5.47	37.78	0-35
0-44	11.10	43.07	0-36
0-45	6.82	35.34	0-37
0-46	8.08	34.66	0-38
0-47	9.70	33.24	0-39
0-48	12.45	33.93	0-40
0-49	9.11	43.45	0-41
0-50	0.31	34.65	0-42
0-51	0.30	32.31	0-43
0-52	2.35	31.97	0-44
0-53	1.33	28.52	0-45
0-54	1.86	56.58	0-46
0-55	1.33	23.54	0-47
0-56	1.86	21.48	0-48
0-57	2.33	34.34	0-49, 0-50
0-58	2.38	32.01	0-51, 0-57

0-59	2.44	29.63	0-52, 0-58
0-60	2.47	27.19	0-53, 0-59
0-61	2.51	24.72	0-54, 0-60
0-62	2.59	22.21	0-55, 0-61
0-63	2.65	19.62	0-56, 0-62
0-64	16.97	16.97	0-63

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 4.5. diatas dapat dilihat operasi 0-1 menempati rangking pertama karena memiliki bobot posisi terbesar pertama, rangking kedua ditempati oleh operasi 0-9 karena memiliki bobot posisi terbesar kedua, rangking ketiga ditempati oleh operasi 0-17 karena memiliki bobot posisi terbesar ketiga, rangking keempat ditempati oleh operasi 0-25 karena memiliki bobot posisi terbesar keempat, sedangkan rangking kelima ditempati oleh operasi 0-33 karena memiliki bobot posisi terbesar kelima. Perangkingngan tersebut dilakukan sampai rangking terakhir.

Tabel 4.6. Hasil perangkingngan operasi mulai dari bobot posisi terbesar sampai terakhir

Operasi	Waktu Baku	Bobot Posisi	Operasi Pendahulu	Rangking
0-1	24.98	164.41	-	1
0-9	7.41	139.43	0-1	2
0-17	11.43	132.02	0-9	3
0-25	7.69	120.59	0-17	4
0-33	8.28	112.9	0-25	5
0-41	61.17	104.62	0-33	6
0-4	3.09	57.73	-	7
0-12	2.44	54.64	0-4	8
0-2	3.09	53	-	9
0-3	3.01	52.2	-	10

0-20	3.84	52.2	0-12	11
0-5	3.08	50.06	-	12
0-10	2.33	49.91	0-2	13
0-6	3.06	49.41	-	14
0-11	2.38	49.19	0-3	15
0-8	3.08	49.07	-	16
0-28	2.63	48.36	0-20	17
0-7	3.09	48.22	-	18
0-18	3.74	47.58	0-10	19
0-13	2.47	46.98	0-5	20
0-19	3.83	46.81	0-11	21
0-14	2.51	46.35	0-6	22
0-16	2.65	45.99	0-8	23
0-36	2.66	45.73	0-28	24
0-15	2.59	45.13	0-7	25
0-21	3.86	44.51	0-13	26
0-22	3.85	43.84	0-14	27
0-26	2.58	43.84	0-18	28
0-49	9.11	43.45	0-41	29
0-24	3.85	43.34	0-16	30
0-44	11.10	43.07	0-36	31
0-27	2.61	42.98	0-19	32
0-23	3.87	42.54	0-15	33
0-34	2.54	41.26	0-26	34
0-29	2.61	40.65	0-21	35
0-35	2.59	40.37	0-27	36
0-30	2.60	39.99	0-22	37
0-32	2.67	39.49	0-24	38
0-42	4.07	38.72	0-34	39
0-31	2.61	38.67	0-23	40
0-37	2.70	38.04	0-29	41
0-43	5.47	37.78	0-35	42
0-38	2.73	37.39	0-30	43
0-40	2.89	36.82	0-32	44
0-39	2.82	36.06	0-31	45
0-45	6.82	35.34	0-37	46
0-46	8.08	34.66	0-38	47

0-50	0.31	34.65	0-42	48
0-57	2.33	34.34	0-49, 0-50	49
0-48	12.45	33.93	0-40	50
0-47	9.70	33.24	0-39	51
0-51	0.30	32.31	0-43	52
0-58	2.38	32.01	0-51, 0-57	53
0-52	2.35	31.97	0-44	54
0-59	2.44	29.63	0-52, 0-58	55
0-53	1.33	28.52	0-45	56
0-60	2.47	27.19	0-53, 0-59	57
0-54	1.86	26.58	0-46	58
0-61	2.51	24.72	0-54, 0-60	59
0-55	1.33	23.54	0-47	60
0-62	2.59	22.21	0-55, 0-61	61
0-56	1.86	21.48	0-48	62
0-63	2.65	19.62	0-56, 0-62	63
0-64	16.97	16.97	0-63	64

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Jumlah stasiun kerja yang akan terbentuk dapat diperkirakan dengan cara membagi total waktu pekerjaan dengan waktu siklusnya yang ada ditabel 4.4. sehingga didapatkan :

$$k = \frac{\sum t_i}{t_c} = \frac{334.39}{61.17} = 5.51 \approx 6 \text{ stasiun kerja}$$

Pengelompokkan operasi pada stasiun kerja ke 1 sampai dengan stasiun kerja ke 6 dilihat dari rangking yang diperoleh berdasarkan bobot posisi, operasi pertama yang dibebankan pada stasiun pertama adalah operasi 0-1 karena operasi 0-1 memiliki bobot posisi terbesar pertama kemudian ditambah dengan operasi 0-9 dikarenakan memiliki bobot posisi terbesar kedua, kemudian ditambah dengan operasi yang memiliki bobot posisi terbesar ketiga, keempat

dan kelima sampai nilai tersebut tidak boleh melebihi waktu siklus yang ditentukan yaitu 61.17 menit. Kemudian operasi yang memiliki bobot posisi terbesar keenam ialah operasi 0-41 dikelompokkan distasiun kerja kedua ini tidak dilanjutkan karena waktu siklus stasiun telah mencapai 61.17 menit (sama dengan waktu siklus), sehingga pengelompokkan operasi lain akan mengakibatkan stasiun kerja memiliki waktu lebih dari 61.17 menit. Prosedur diatas dilanjutkan sebagaimana tabel 4.7. sehingga didapatkan pengelompokkan operasi dienam stasiun kerja. Sebagai contoh, stasiun kerja 1 pada tabel 4.7. yaitu waktu baku yang dijumlahkan berdasarkan bobot posisi terbesar hingga terakhir tetapi tidak boleh melebihi waktu siklus aktual sebesar 61.17 menit. Dengan operasinya (0-1, 0-9, 0-17, 0-25, dan 0-33) yaitu sebesar : $24.98+7.41+11.43+7.69+8.28 = 59.79$ menit, dan nilai efisiensinya yaitu jumlah waktu operasi stasiun kerja 1 dibagi waktu siklus aktual dikali 100 % = $(\frac{59.79}{61.17} \times 100 \% = 98 \%)$. Dengan cara yang sama untuk stasiun kerja yang lain, hasil perhitungan dapat dilihat dalam tabel 4.7. berikut :

Tabel 4.7. Pengelompokkan operasi berdasarkan bobot posisi

Stasiun kerja	Operasi	Waktu Operasi	Effesiensi
1	0-1, 0-9, 0-17, 0-25, 0-33	$24.98+7.41+11.43+7.69+8.28 = 59.79$	$\frac{59.79}{61.17} \times 100\% = 98 \%$
2	0-41	61.17	$\frac{61.17}{61.17} \times 100\% = 100 \%$
3	0-4, 0-12, 0-2, 0-3, 0-20, 0-5, 0-10, 0-6, 0-11, 0-8, 0-28, 0-7, 0-18, 0-13, 0-19, 0-14, 0-16, 0-15	$3.09+2.44+3.09+3.01+3.84+3.08+2.33+3.06+2.38+3.08+2.63+3.09+3.74+2.47+3.83+2.51+2.65+2.59 = 52.91$	$\frac{52.91}{61.17} \times 100\% = 86 \%$
4	0-36, 0-21, 0-22, 0-26, 0-49, 0-24, 0-44, 0-27, 0-23, 0-34, 0-29, 0-35, 0-30, 0-32	$2.66+3.86+3.85+2.58+9.11+3.85+11.10+2.61+3.87+2.54+2.61+2.59+2.60+2.67 = 56.5$	$\frac{53.28}{61.17} \times 100\% = 92 \%$
5	0-42, 0-31, 0-37, 0-43, 0-38, 0-40, 0-39, 0-45, 0-46, 0-50, 0-57, 0-48	$4.07+2.61+2.70+5.47+2.73+2.89+2.82+6.82+8.08+0.31+2.33+12.45 = 53.28$	$\frac{53.28}{61.17} \times 100\% = 87 \%$
6	0-47, 0-51, 0-58, 0-52, 0-59, 0-53, 0-60, 0-54, 0-61, 0-55, 0-62, 0-56, 0-63, 0-64	$9.70+0.30+2.38+2.35+2.44+1.33+2.47+1.86+2.51+1.33+2.59+1.86+2.65+16.97 = 50.74$	$\frac{50.74}{61.17} \times 100\% = 83 \%$
Efisiensi rata – rata lintas keseluruhan			91%

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 4.7. terlihat disetiap stasiun kerja, akan diketahui :

Waktu siklus = 61.17 menit

Jumlah stasiun kerja = 6

$$\text{Efisiensi keseluruhan} = \frac{98 + 100 + 86 + 92 + 87 + 83}{6} \% = 91 \%$$

Stasiun kerja 1 diisi oleh operasi 0-1,0-9,0-17,0-25,0-33 dengan total waktu siklus 59.79 menit, stasiun kerja 2 diisi oleh operasi 0-41 dengan total waktu siklus 61.17 menit, stasiun kerja 3 diisi oleh operasi 0-4,0-12,0-2,0-3, 0-20,0-5,0-10,0-6,0-11,0-8,0-28,0-7,0-18,0-13,0-19,0-14,0-16,0-15 dengan total waktu siklus 52.91 menit, stasiun kerja 4 diisi oleh operasi 0-36,0-21,0-22,0-26, 0-49,0-24,0-44,0-27,0-23,0-34,0-29,0-35,0-30,0-32 dengan total waktu siklus 56.5 menit, stasiun kerja 5 diisi oleh operasi 0-42,0-31,0-37,0-43,0-38,0-40,0-39, 0-45,0-46,0-50,0-57,0-48 dengan total waktu siklus 53.28 menit, dan stasiun kerja 6 diisi oleh operasi 0-47,0-51,0-58,0-52,0-59,0-53,0-60,0-54,0-61,0-55,0-62, 0-56,0-63,0-64 dengan total waktu siklus 50.74 menit.

Dari hasil pengelompokan operasi kerja kedalam stasiun kerja terlihat pada tabel 4.7. diatas diperoleh waktu terbesar yaitu 61.17 menit yang dianggap sebagai waktu siklus dari stasiun kerja awal. Selain itu dapat diketahui bahwa proses dari tiap-tiap stasiun kerja seimbang yang dikarenakan waktu siklus tiap stasiun kerja hampir sama rata sehingga waktu tunggu yang timbul relatif kecil.

Jumlah stasiun kerja = 6

$$\begin{aligned} \text{Balance delay (BD)} &= \frac{(N \cdot t_c) - \sum t_i}{(N \cdot t_c)} \times 100 \% \\ &= \frac{(6 \times 61.17) - 334.39}{6 \times 61.17} \times 100 \% = 8.89 \% \end{aligned}$$

Dengan kondisi usulan didapat nilai *balance delay* sebesar 8.89 % dari waktu pembuatan fiber anatomi sebesar 334.39 menit.

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi lintasan} &= 100 \% - \text{BD} \\ &= 100 \% - 8.89 \% = 91.11 \%\end{aligned}$$

Besar efisiensi lintasan kondisi usulan dengan menggunakan 6 stasiun kerja sebesar 91.11 %.

Jumlah produk (Q) yang dihasilkan dengan 8 jam kerja, yaitu :

$$Q = \frac{T}{t_c} = \frac{8 \text{ jam} \times 60}{120.96} = 7.84 \approx 8 \text{ buah}$$

Karena pada proses produksi fiber anatomi menggunakan 10 tenaga kerja, maka output yang dihasilkan tiap harinya adalah $10 \times 8 = 80$ buah per hari.

4.4.2. Pengelompokkan Operasi Berdasarkan Pembebanan Berurut

Matrik Operasi Pendahulu dan Pengikut digunakan untuk mengetahui operasi mana yang dapat dilakukan untuk mengetahui operasi yang satu mendahului operasi yang lain dan operasi satu mengikuti operasi yang lainnya pula. Jumlah kolom pada matriks operasi pendahulu ialah jumlah busur masuk terbanyak dari operasi di jaringan kerja tersebut. Dapat diperhatikan bahwa jumlah busur masuk terbesar ada dua (perhatikan lagi operasi 0-57 pada gambar 4.1.), sehingga jumlah kolom pada Matriks Operasi Pendahulu ialah dua. Jumlah kolom pada matriks operasi pengikut ialah jumlah busur keluar dari operasi di jaringan kerja tersebut. Terlihat pada gambar

4.1. jumlah busur keluar ialah satu, sehingga jumlah kolom di Matriks Operasi Pengikut adalah satu.

Tabel 4.8. Data waktu operasi, matrik pendahulu, dan matrik operasi pengikut untuk tiap operasi dalam jaringan kerja.

Operasi	Waktu Operasi	Matrik Operasi		
		Pendahulu		Pengikut
0-1	24.98	0	0	0-9
0-2	3.09	0	0	0-10
0-3	3.01	0	0	0-11
0-4	3.09	0	0	0-12
0-5	3.08	0	0	0-13
0-6	3.06	0	0	0-14
0-7	3.09	0	0	0-15
0-8	3.08	0	0	0-16
0-9	7.41	0-1	0	0-17
0-10	2.33	0-2	0	0-18
0-11	2.38	0-3	0	0-19
0-12	2.44	0-4	0	0-20
0-13	2.47	0-5	0	0-21
0-14	2.51	0-6	0	0-22
0-15	2.59	0-7	0	0-23
0-16	2.65	0-8	0	0-24
0-17	11.43	0-9	0	0-25
0-18	3.74	0-10	0	0-26
0-19	3.83	0-11	0	0-27
0-20	3.84	0-12	0	0-28
0-21	3.86	0-13	0	0-29
0-22	3.85	0-14	0	0-30
0-23	3.87	0-15	0	0-31
0-24	3.85	0-16	0	0-32
0-25	7.69	0-17	0	0-33
0-26	2.58	0-18	0	0-34
0-27	2.61	0-19	0	0-35
0-28	2.63	0-20	0	0-36
0-29	2.61	0-21	0	0-37
0-30	2.60	0-22	0	0-38

0-31	2.61	0-23	0	0-39
0-32	2.67	0-24	0	0-40
0-33	8.28	0-25	0	0-41
0-34	2.54	0-26	0	0-42
0-35	2.59	0-27	0	0-43
0-36	2.66	0-28	0	0-44
0-37	2.70	0-29	0	0-45
0-38	2.73	0-30	0	0-46
0-39	2.82	0-31	0	0-47
0-40	2.89	0-32	0	0-48
0-41	61.17	0-33	0	0-49
0-42	4.07	0-34	0	0-50
0-43	5.47	0-35	0	0-51
0-44	11.10	0-36	0	0-52
0-45	6.82	0-37	0	0-53
0-46	8.08	0-38	0	0-54
0-47	9.70	0-39	0	0-55
0-48	12.45	0-40	0	0-56
0-49	9.11	0-41	0	0-57
0-50	0.31	0-42	0	0-57
0-51	0.30	0-43	0	0-58
0-52	2.35	0-44	0	0-59
0-53	1.33	0-45	0	0-60
0-54	1.86	0-46	0	0-61
0-55	1.33	0-47	0	0-62
0-56	1.86	0-48	0	0-63
0-57	2.33	0-49	0-50	0-58
0-58	2.38	0-51	0-57	0-59
0-59	2.44	0-52	0-58	0-60
0-60	2.47	0-53	0-59	0-61
0-61	2.51	0-54	0-60	0-62
0-62	2.59	0-55	0-61	0-63
0-63	2.65	0-56	0-62	0-64
0-64	16.97	0-63	0	-

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 4.8. pada stasiun kerja pertama, pembebanan operasi pertama kali dilakukan untuk operasi yang memiliki seluruh elemen matrik operasi pendahulu nol dan waktu

operasi terbesar, yaitu operasi 0-1. Angka 1 pada matrik operasi pendahulu pada baris operasi 0-9 selanjutnya dicoret. Operasi 0-9, angka 2 pada matrik operasi pendahulu pada baris operasi 0-17 selanjutnya dicoret. Operasi 0-17, angka 3 pada matrik operasi pendahulu pada baris operasi 0-25 selanjutnya dicoret. Operasi 0-25, angka 4 pada matrik operasi pendahulu pada baris operasi 0-33 selanjutnya dicoret. Operasi 0-33, angka 5 pada matrik operasi pendahulu pada baris operasi 0-41 selanjutnya dicoret, yang menandakan operasi 0-1, 0-9, 0-17, 0-25, dan 0-33 telah dibebankan pada stasiun kerja pertama. Operasi selanjutnya yang memiliki waktu operasi terbesar ialah operasi 0-41. Operasi yang dibebankan pada stasiun kerja kedua. Demikian prosedur ini terus diulangi sampai seluruh baris dalam matrik operasi pendahulu seluruhnya memiliki elemen nol. Prosedur ini disajikan dalam tabel 4.9. hasil pengelompokkan operasi dapat dilihat ditabel 4.10. dan gambar 4.3.

Tabel 4.9. Prosedur metode pembebanan berurut

Operasi	Waktu operasi	Matrik operasi pendahulu P			
0-1	24.98	0		0	
0-2	3.09	0		0	
0-3	3.01	0		0	
0-4	3.09	0		0	
0-5	3.08	0		0	
0-6	3.06	0		0	
0-7	3.09	0		0	
0-8	3.08	0		0	
0-9	7.41	0-1	0=1	0	

0-10	2.33	0-2	0=8	0	
0-11	2.38	0-3	0=14	0	
0-12	2.44	0-4	0=9	0	
0-13	2.47	0-5	0=11	0	
0-14	2.51	0-6	0=13	0	
0-15	2.59	0-7	0=10	0	
0-16	2.65	0-8	0=12	0	
0-17	11.43	0-9	0=2	0	
0-18	3.74	0-10	0=46	0	
0-19	3.83	0-11	0=40	0	
0-20	3.84	0-12	0=35	0	
0-21	3.86	0-13	0=30	0	
0-22	3.85	0-14	0=25	0	
0-23	3.87	0-15	0=20	0	
0-24	3.85	0-16	0=15	0	
0-25	7.69	0-17	0=3	0	
0-26	2.58	0-18	0=47	0	
0-27	2.61	0-19	0=41	0	
0-28	2.63	0-20	0=36	0	
0-29	2.61	0-21	0=31	0	
0-30	2.60	0-22	0=26	0	
0-31	2.61	0-23	0=21	0	
0-32	2.67	0-24	0=16	0	
0-33	8.28	0-25	0=4	0	
0-34	2.54	0-26	0=48	0	
0-35	2.59	0-27	0=42	0	
0-36	2.66	0-28	0=37	0	
0-37	2.70	0-29	0=32	0	
0-38	2.73	0-30	0=27	0	
0-39	2.82	0-31	0=22	0	
0-40	2.89	0-32	0=17	0	
0-41	61.17	0-33	0=5	0	
0-42	4.07	0-34	0=49	0	
0-43	5.47	0-35	0=43	0	
0-44	11.10	0-36	0=38	0	
0-45	6.82	0-37	0=33	0	
0-46	8.08	0-38	0=28	0	
0-47	9.70	0-39	0=23	0	
0-48	12.45	0-40	0=18	0	
0-49	9.11	0-41	0=6	0	

0-50	0.31	0-42	0=50	0	
0-51	0.30	0-43	0=44	0	
0-52	2.35	0-44	0=39	0	
0-53	1.33	0-45	0=34	0	
0-54	1.86	0-46	0=29	0	
0-55	1.33	0-47	0=24	0	
0-56	1.86	0-48	0=19	0	
0-57	2.33	0-49	0=7	0-50	0=55
0-58	2.38	0-51	0=57	0-57	0=56
0-59	2.44	0-52	0=45	0-58	0=58
0-60	2.47	0-53	0=53	0-59	0=59
0-61	2.51	0-54	0=51	0-60	0=60
0-62	2.59	0-55	0=54	0-61	0=61
0-63	2.65	0-56	0=52	0-62	0=62
0-64	16.97	0-63	0=63	0	

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 4.9. pengelompokkan operasi pada stasiun kerja ke 1 sampai dengan stasiun kerja ke 6 dengan menempatkan operasi yang tidak memiliki hubungan keterkaitan diletakkan stasiun kerja pertama, setelah itu menempatkan operasi yang mengikuti operasi pertama pada stasiun kerja kedua. Ini dilakukan sampai semua stasiun kerja terisi, dengan catatan penjumlahan waktu operasi tidak boleh melebihi waktu siklus aktual sebesar 61.17 menit. Sebagai contoh, stasiun kerja 1 pada tabel 4.10. yaitu waktu baku atau waktu operasi yang dijumlahkan berdasarkan matrik operasi pendahulu P tetapi tidak boleh melebihi waktu siklus aktual sebesar 61.17 menit. Dengan operasinya (0-1, 0-9, 0-17, 0-25, dan 0-33) yaitu sebesar : $24.98+7.41+11.43+7.69+8.28 = 59.79$ menit, dan nilai efisiensinya yaitu jumlah waktu operasi stasiun kerja 1 dibagi waktu siklus aktual dikali 100 % = $(\frac{59.79}{61.17} \times 100 \% = 98 \%)$. Dengan cara yang sama

untuk stasiun kerja yang lain, hasil perhitungan dapat dilihat dalam tabel 4.10. berikut :

Tabel 4.10. Pengelompokkan operasi berdasarkan pembebanan berurut

Stasiun kerja	Operasi	Waktu Operasi	Effesiensi
1	0-1, 0-9, 0-17, 0-25, 0-33	$24.98+7.41+11.43+7.69+8.28 = 59.79$	$\frac{59.79}{61.17} \times 100\% = 98 \%$
2	0-41	61.17	$\frac{61.17}{61.17} \times 100\% = 100 \%$
3	0-49, 0-2, 0-4, 0-7, 0-5, 0-8, 0-6, 0-3, 0-16, 0-24, 0-32, 0-40, 0-48	$9.11+3.09+3.09+3.09+3.08+3.08+3.06+3.01+2.65+3.85+2.67+2.89+12.45 = 55.12$	$\frac{55.12}{61.17} \times 100\% = 90 \%$
4	0-15, 0-23, 0-31, 0-39, 0-47, 0-14, 0-22, 0-30, 0-38, 0-46, 0-13, 0-21, 0-29, 0-37	$2.59+3.87+2.61+2.82+9.70+2.51+3.85+2.60+2.73+8.08+2.47+3.86+2.61+2.70 = 53$	$\frac{53}{61.17} \times 100\% = 87 \%$
5	0-45, 0-12, 0-20, 0-28, 0-36, 0-44, 0-11, 0-19, 0-27, 0-35, 0-43, 0-52, 0-10, 0-18	$6.82+2.44+3.84+2.63+2.66+11.10+2.38+3.83+2.61+2.59+5.47+2.35+2.33+3.74 = 54.79$	$\frac{54.79}{61.17} \times 100\% = 90 \%$
6	0-26, 0-34, 0-42, 0-54, 0-56, 0-53, 0-55, 0-50, 0-57, 0-51, 0-58, 0-59, 0-60, 0-61, 0-62, 0-63, 0-64	$2.58+2.54+4.07+1.86+1.86+1.33+1.33+0.31+2.33+0.30+2.38+2.44+2.47+2.51+2.59+2.65+16.97 = 50.52$	$\frac{50.52}{61.17} \times 100\% = 83 \%$
Efisiensi rata – rata lintas keseluruhan			91.3 %

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 4.10. terlihat disetiap stasiun kerja, akan diketahui :

Waktu siklus = 61.17 menit

Jumlah stasiun kerja = 6

$$\text{Efisiensi keseluruhan} = \frac{98 + 100 + 90 + 87 + 90 + 83}{6} \% = 91.3 \%$$

Stasiun kerja 1 diisi oleh operasi 0-1,0-9,0-17,0-25,0-33 dengan total waktu siklus 59.79 menit, stasiun kerja 2 diisi oleh operasi 0-41 dengan total waktu siklus 61.17 menit, stasiun kerja 3 diisi oleh operasi 0-49,0-2,0-4,0-7,0-5, 0-8,0-6,0-3,0-16,0-24,0-32,0-40,0-48 dengan total waktu siklus 55.12 menit, stasiun kerja 4 diisi oleh operasi 0-15,0-23,0-31,0-39,0-47,0-14,0-22,0-30,0-38, 0-46,0-13,0-21,0-29,0-37 dengan total waktu siklus 53 menit, stasiun kerja 5 diisi oleh operasi 0-45,0-12,0-20,0-28,0-36,0-44,0-11,0-19,0-27,0-35,0-43,0-52,0-10, 0-18 dengan total waktu siklus 54.79 menit, dan stasiun kerja 6 diisi oleh operasi 0-26,0-34,0-42,0-54,0-56,0-53,0-55,0-50,0-57,0-51,0-58,0-59,0-60,0-61,0-62, 0-63,0-64 dengan total waktu siklus 50.52 menit.

Dari hasil pengelompokan operasi kerja kedalam stasiun kerja terlihat pada tabel 4.10. diatas diperoleh waktu terbesar yaitu 61.17 menit yang dianggap sebagai waktu siklus dari stasiun kerja awal. Selain itu dapat diketahui bahwa proses dari tiap-tiap stasiun kerja seimbang yang dikarenakan waktu siklus tiap stasiun kerja hampir sama rata sehingga waktu tunggu yang timbul relatif kecil.

Jumlah stasiun kerja = 6

$$\begin{aligned}
 \text{Balance delay (BD)} &= \frac{(N \cdot t_c) - \sum t_i}{(N \cdot t_c)} \times 100\% \\
 &= \frac{(6 \times 61.17) - 334.39}{6 \times 61.17} \times 100\% = 8.89\%
 \end{aligned}$$

Dengan kondisi usulan didapat nilai *balance delay* sebesar 8.89 % dari waktu pembuatan fiber anatomi sebesar 334.39 menit.

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi lintasan} &= 100\% - \text{BD} \\
 &= 100\% - 8.89\% = 91.11\%
 \end{aligned}$$

Besar efisiensi lintasan kondisi usulan dengan menggunakan 6 stasiun kerja sebesar 91.11 %.

Jumlah produk (Q) yang dihasilkan dengan 8 jam kerja, yaitu :

$$Q = \frac{T}{t_c} = \frac{8 \text{ jam} \times 60}{120.96} = 7.84 \approx 8 \text{ buah}$$

Karena pada proses produksi fiber anatomi menggunakan 10 tenaga kerja, maka output yang dihasilkan tiap harinya adalah $10 \times 8 = 80$ buah per hari.

4.4.3. Pengelompokkan Operasi Berdasarkan Pendekatan

Wilayah

Prioritas pembebanan di tiap wilayah berdasarkan waktu operasi pada kondisi awal perusahaan, yang disusun berdasarkan urutan waktu operasi dari besar ke kecil disuatu wilayah (stasiun kerja).

Tabel 4.11 Prioritas pembebanan di tiap wilayah berdasarkan waktu operasi

Wilayah (stasiun kerja)	Prioritas Operasi
1	0-1, 0-2, 0-4, 0-7, 0-5, 0-8, 0-6, 0-3
2	0-9, 0-16, 0-15, 0-14, 0-13, 0-12, 0-11, 0-10
3	0-17, 0-23, 0-21, 0-22, 0-24, 0-20, 0-19, 0-18
4	0-25, 0-32, 0-28, 0-27, 0-29, 0-31, 0-30, 0-26
5	0-33, 0-40, 0-39, 0-38, 0-37, 0-36, 0-35, 0-34
6	0-41, 0-48, 0-44, 0-47, 0-46, 0-45, 0-43, 0-42
7	0-49, 0-52, 0-54, 0-56, 0-53, 0-55, 0-50, 0-51, 0-57, 0-58, 0-60, 0-61, 0-62, 0-63, 0-64

(Sumber : Hasil Pengolahan Data.)

Berdasarkan tabel 4.11. pengelompokkan operasi pada stasiun kerja ke 1 sampai dengan stasiun kerja ke 6, dengan cara mengurutkan pembebanan mengikuti prioritas operasi yaitu dengan cara menempatkan waktu siklus terpanjang diletakkan diawal proses pembuatan fiber anatomi, tapi disesuaikan dengan keadaan awal perusahaan. Pada akhir setiap pembebanan pada sebuah stasiun kerja, selalu dilihat kemungkinan penukaran operasi yang telah dibebankan dengan salah satu operasi pengikut akan menghasilkan waktu stasiun kerja yang lebih tinggi. Atau dengan cara menempatkan operasi yang memiliki waktu siklus operasi terbesar dan bisa dilakukan tanpa melakukan operasi sebelumnya diletakkan di stasiun kerja pertama, setelah itu menempatkan operasi yang waktu siklus operasi terbesar kedua pada stasiun kerja pertama. Ini dilakukan sampai semua stasiun kerja terisi, dengan catatan penjumlahan waktu operasi tidak boleh melebihi waktu siklus aktual sebesar 61.17 menit. Sebagai contoh,

stasiun kerja 1 pada tabel 4.12. yaitu waktu baku pada gambar 4.1. yang dijumlahkan berdasarkan prioritas operasi tetapi tidak boleh melebihi waktu siklus aktual sebesar 61.17 menit. Dengan operasinya (0-1, 0-2, 0-4, 0-7, 0-5, 0-8, 0-6, 0-3 dan 0-9) yaitu sebesar : $24.98+3.09+3.09+3.09+3.08+3.08+3.06+3.01+7.41 = 53.89$ menit, dan nilai efisiensinya yaitu jumlah waktu operasi stasiun kerja 1 dibagi waktu siklus aktual dikali 100 % = $(\frac{53.89}{61.17} \times 100 \% = 88 \%)$.

Dengan cara yang sama untuk stasiun kerja yang lain, hasil perhitungan dapat dilihat dalam tabel 4.12. berikut :

Tabel 4.12 Pengelompokkan operasi berdasarkan pendekatan wilayah

Stasiun kerja	Operasi	Waktu Operasi	Effesiensi
1	0-1, 0-2, 0-4, 0-7, 0-5, 0-8, 0-6, 0-3, 0-9	$24.98+3.09+3.09+3.09+3.08+3.08+3.06+3.01+7.41 = 53.89$	$\frac{53.89}{61.17} \times 100\% = 88 \%$
2	0-16, 0-15, 0-14, 0-13, 0-12, 0-11, 0-10, 0-17, 0-23, 0-21, 0-22, 0-24, 0-20, 0-19, 0-18	$2.65+2.59+2.51+2.47+2.44+2.38+2.33+11.43+3.87+3.86+3.85+3.85+3.84+3.83+3.74 = 55.64$	$\frac{55.64}{61.17} \times 100\% = 91 \%$
3	0-25, 0-32, 0-28, 0-27, 0-29, 0-31, 0-30, 0-26, 0-33, 0-40, 0-39, 0-38, 0-37, 0-36, 0-35, 0-34	$7.69+2.67+2.63+2.61+2.61+2.61+2.60+2.58+8.28+2.89+2.82+2.73+2.70+2.66+2.59+2.54 = 53.21$	$\frac{53.21}{61.17} \times 100\% = 87 \%$
4	0-41	61.17	$\frac{61.17}{61.17} \times 100\% = 100 \%$
5	0-48, 0-44, 0-47, 0-46, 0-45, 0-43, 0-42	$12.45+11.10+9.70+8.08+6.82+5.47+4.07 = 57.69$	$\frac{57.69}{61.17} \times 100\% = 94 \%$

6	0-49, 0-52, 0-54, 0-56, 0-53, 0-55, 0-50, 0-51, 0-57, 0-58, 0-59, 0-60, 0-61, 0-62, 0-63, 0-64	$9.11+2.35+1.86+1.86+1.33+1.33+0.31+0.30+2.33+2.38+2.44+2.47+2.51+2.59+2.65+16.97 = 52.79$	$\frac{52.79}{61.17} \times 100\% = 86\%$
Efisiensi rata – rata lintas keseluruhan			91 %

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel 4.12. terlihat disetiap stasiun kerja, akan diketahui :

Waktu siklus = 61.17 menit

Jumlah stasiun kerja = 6

$$\text{Efisiensi keseluruhan} = \frac{88 + 91 + 87 + 100 + 94 + 86}{6} \% = 91 \%$$

Stasiun kerja 1 diisi oleh operasi 0-1,0-2,0-4,0-7,0-5,0-8,0-6,0-3,0-9 dengan total waktu siklus 53.89 menit, stasiun kerja 2 diisi oleh operasi 0-16, 0-15,0-14,0-13,0-12,0-11,0-10,0-17,0-23,0-21,0-22,0-24,0-20,0-19,0-18 dengan total waktu siklus 55.64 menit, stasiun kerja 3 diisi oleh operasi 0-25,0-32,0-28, 0-27,0-29,0-31,0-30,0-26,0-33,0-40,0-39,0-38,0-37,0-36,0-35,0-34 dengan total waktu siklus 53.21 menit, stasiun kerja 4 diisi oleh operasi 0-41 dengan total waktu siklus 61.17 menit, stasiun kerja 5 diisi oleh operasi 0-48,0-44,0-47,0-46, 0-45,0-43,0-42 dengan total waktu siklus 57.69 menit, dan stasiun kerja 6 diisi oleh operasi 0-49,0-52,0-54,0-56,0-53,0-55,0-50,0-51,0-57,0-58,0-59,0-60,0-61, 0-62,0-63,0-64 dengan total waktu siklus 52.79 menit.

Dari hasil pengelompokan operasi kerja kedalam stasiun kerja terlihat pada tabel 4.12. diatas diperoleh waktu terbesar yaitu 61.17 menit yang dianggap sebagai waktu siklus dari stasiun kerja awal. Selain itu dapat diketahui bahwa proses dari tiap-tiap stasiun kerja seimbang yang dikarenakan waktu siklus tiap stasiun kerja hampir sama rata sehingga waktu tunggu yang timbul relatif kecil.

Jumlah stasiun kerja = 6

$$\begin{aligned} \text{Balance delay (BD)} &= \frac{(N \cdot t_c) - \sum t_i}{(N \cdot t_c)} \times 100\% \\ &= \frac{(6 \times 61.17) - 334.39}{6 \times 61.17} \times 100\% = 8.89\% \end{aligned}$$

Dengan kondisi usulan didapat nilai *balance delay* sebesar 8.89 % dari waktu pembuatan fiber anatomi sebesar 334.39 menit.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi lintasan} &= 100\% - \text{BD} \\ &= 100\% - 8.89\% = 91.11\% \end{aligned}$$

Besar efisiensi lintasan kondisi usulan dengan menggunakan 6 stasiun kerja sebesar 91.11 %.

Jumlah produk (Q) yang dihasilkan dengan 8 jam kerja, yaitu :

$$Q = \frac{T}{t_c} = \frac{8 \text{ jam} \times 60}{120.96} = 7.84 \approx 8 \text{ buah}$$

Karena pada proses produksi fiber anatomi menggunakan 10 tenaga kerja, maka output yang dihasilkan tiap harinya adalah $10 \times 8 = 80$ buah per hari.

Dari perhitungan ketiga metode usulan yang digunakan untuk keseimbangan lintasan produksi, maka dapat diperoleh hasil pada tabel 4.13. berikut :

Tabel 4.13. Alternatif kondisi usulan

	Metode		
	Bobot Posisi	Pembebanan Berurut	Pendekatan Wilayah
1. Balance delay	8.89 %	8.89 %	8.89 %
2. Effisiensi	91.11 %	91.11 %	91.11 %
3. Output produksi	80 buah	80 buah	80 buah
4. Effisiensi rata-rata lintas keseluruhan	91 %	91.3 %	91 %

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan tabel 4.13. menunjukkan dari ketiga metode yaitu bobot posisi, pembebanan berurut, dan pendekatan wilayah didapatkan *balance delay* sebesar 8.89 %, *effisiensi* sebesar 91.11 %, *output* produksi sebesar 80 buah. Dari hasil diatas dapat kita simpulkan bahwa ketiga metode mempunyai nilai *balance delay*, *effisiensi*, dan *output* produksi yang sama. Tetapi nilai efisiensi rata – rata lintas keseluruhan ketiga metode yaitu bobot posisi sebesar 91 %, pembebanan berurut sebesar 91.3 %, dan pendekatan wilayah sebesar 91 %. Jadi dipilih metode pembebanan berurut.

4.5.Pembahasan

Kondisi awal perusahaan

Pada kondisi awal perusahaan dapat dilihat perbedaan antara waktu siklus tiap stasiun kerja yang sangat besar. Dengan waktu siklus tiap stasiun kerja sebagai berikut :

Stasiun kerja 1 sebesar 46.48 menit, stasiun kerja 2 sebesar 24.78 menit, stasiun kerja 3 sebesar 38.27 menit, stasiun kerja 4 sebesar 26 menit, stasiun kerja 5 sebesar 27.21 menit, stasiun kerja 6 sebesar 118.86 menit, dan stasiun kerja 7 sebesar 52.79 menit.

Dari keadaan ini dapat dilihat adanya ketidak seimbangan waktu dari siklus tiap-tiap stasiun kerja yang mengakibatkan efisiensi lintasan rendah dan mengakibatkan waktu tunggu yang sangat besar.

Output produksi sebelum (kondisi awal perusahaan)

Jumlah stasiun kerja = 7

$$\begin{aligned} \text{Balance delay (BD)} &= \frac{N \cdot t_c - \sum t_i}{N \cdot t_c} \times 100 \% \\ &= \frac{(7 \times 118.86) - 334.39}{7 \times 118.86} \times 100 \% = 59.80 \% \end{aligned}$$

Dengan kondisi awal didapat nilai *balance delay* sebesar 59.80 % dari waktu pembuatan fiber anatomi sebesar 334.39 menit.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi lintasan} &= 100 \% - \text{BD} \\ &= 100 \% - 59.80 \% = 40.2 \% \end{aligned}$$

Besar efisiensi lintasan kondisi awal dengan menggunakan 7 stasiun kerja sebesar 40.2 %.

Jumlah produk (Q) yang dihasilkan dengan 8 jam kerja, yaitu :

$$Q = \frac{T}{t_c} = \frac{8 \text{ jam} \times 60}{118.86} = 4.03 \approx 4 \text{ buah}$$

Karena pada proses produksi fiber anatomi menggunakan 10 tenaga kerja, maka output yang dihasilkan tiap harinya adalah $10 \times 4 = 40$ buah per hari.

Kondisi usulan

Sedangkan pada kondisi usulan dengan metode bobot posisi perbedaan waktu siklus tidak begitu besar. Dengan waktu siklus tiap stasiun kerja sebagai berikut :

Stasiun kerja 1 diisi oleh operasi 0-1,0-9,0-17,0-25,0-33 dengan total waktu siklus 59.79 menit, stasiun kerja 2 diisi oleh operasi 0-41 dengan total waktu siklus 61.17 menit, stasiun kerja 3 diisi oleh operasi 0-4,0-12,0-2,0-3,0-20,0-5,0-10, 0-6,0-11,0-8,0-28,0-7,0-18,0-13,0-19,0-14,0-16,0-15 dengan total waktu siklus 52.91 menit, stasiun kerja 4 diisi oleh operasi 0-36,0-21,0-22,0-26, 0-49,0-24, 0-44,0-27,0-23,0-34,0-29,0-35,0-30,0-32 dengan total waktu siklus 56.5 menit, stasiun kerja 5 diisi oleh operasi 0-42,0-31,0-37,0-43,0-38,0-40,0-39,0-45,0-46, 0-50,0-57,0-48 dengan total waktu siklus 53.28 menit, dan stasiun kerja 6 diisi oleh operasi 0-47,0-51,0-58,0-52,0-59,0-53,0-60,0-54,0-61,0-55,0-62,0-56,0-63, 0-64 dengan total waktu siklus 50.74 menit.

Dari keadaan ini dapat dilihat waktu tunggu antar stasiun kerja tidak terlalu besar dan relatif seimbang.

Sedangkan pada kondisi usulan dengan metode pembebanan berurut perbedaan waktu siklus tidak begitu besar. Dengan waktu siklus tiap stasiun kerja sebagai berikut :

Stasiun kerja 1 diisi oleh operasi 0-1,0-9,0-17,0-25,0-33 dengan total waktu siklus 59.79 menit, stasiun kerja 2 diisi oleh operasi 0-41 dengan total waktu siklus 61.17 menit, stasiun kerja 3 diisi oleh operasi 0-49,0-2,0-4,0-7,0-5, 0-8,0-6,0-3, 0-16,0-24,0-32,0-40,0-48 dengan total waktu siklus 55.12 menit, stasiun kerja 4 diisi oleh operasi 0-15,0-23,0-31,0-39,0-47,0-14,0-22,0-30,0-38,0-46,0-13,0-21, 0-29,0-37 dengan total waktu siklus 53 menit, stasiun kerja 5 diisi oleh operasi 0-45,0-12,0-20,0-28,0-36,0-44,0-11,0-19,0-27,0-35,0-43,0-52,0-10,0-18 dengan total waktu siklus 54.79 menit, dan stasiun kerja 6 diisi oleh operasi 0-26,0-34, 0-42,0-54,0-56,0-53,0-55,0-50,0-57,0-51,0-58,0-59,0-60,0-61,0-62,0-63,0-64 dengan total waktu siklus 50.52 menit.

Dari keadaan ini dapat dilihat waktu tunggu antar stasiun kerja tidak terlalu besar dan relatif seimbang.

Sedangkan pada kondisi usulan dengan metode pendekatan wilayah perbedaan waktu siklus tidak begitu besar. Dengan waktu siklus tiap stasiun kerja sebagai berikut :

Stasiun kerja 1 diisi oleh operasi 0-1,0-2,0-4,0-7,0-5,0-8,0-6,0-3,0-9 dengan total waktu siklus 53.89 menit, stasiun kerja 2 diisi oleh operasi 0-16,0-15,0-14,0-13, 0-12,0-11,0-10,0-17,0-23,0-21,0-22,0-

24,0-20,0-19,0-18 dengan total waktu siklus 55.64 menit, stasiun kerja 3 diisi oleh operasi 0-25,0-32,0-28,0-27,0-29, 0-31,0-30,0-26,0-33,0-40,0-39,0-38,0-37,0-36,0-35,0-34 dengan total waktu siklus 53.21 menit, stasiun kerja 4 diisi oleh operasi 0-41 dengan total waktu siklus 61.17 menit, stasiun kerja 5 diisi oleh operasi 0-48,0-44,0-47,0-46,0-45, 0-43,0-42 dengan total waktu siklus 57.69 menit, dan stasiun kerja 6 diisi oleh operasi 0-49,0-52,0-54,0-56,0-53,0-55,0-50,0-51,0-57,0-58,0-59,0-60,0-61,0-62, 0-63,0-64 dengan total waktu siklus 52.79 menit.

Dari keadaan ini dapat dilihat waktu tunggu antar stasiun kerja tidak terlalu besar dan relatif seimbang.

Dari hasil diatas dapat terlihat dari kondisi awal yang menggunakan 7 stasiun kerja menimbulkan waktu tunggu di tiap-tiap stasiun kerja yang relatif besar. Sedangkan pada kondisi usulan dengan cara memampatkan jumlah stasiun kerja menjadi 6 stasiun kerja dan menimbulkan waktu tunggu di tiap-tiap stasiun kerja yang relatif kecil.

Dapat dilihat pada kondisi awal perusahaan didapat *balance delay* sebesar 59.80 %, *effisiensi* sebesar 40.2 % dan *output* produksi sebesar 40 buah per hari dan kondisi usulan dengan metode pembebanan berurut didapat *balance delay* sebesar 8.89 %, *effisiensi* sebesar 91.11 % dan *output* produksi sebesar 80 buah per hari.

Jadi, dipilih metode usulan yaitu pembebanan berurut dengan urutan operasi pada stasiun kerja sebagai berikut :

Stasiun kerja 1 diisi oleh operasi 0-1,0-9,0-17,0-25,0-33, stasiun kerja 2 diisi oleh operasi 0-41, stasiun kerja 3 diisi oleh operasi

0-49,0-2,0-4,0-7,0-5, 0-8,0-6,0-3,0-16,0-24,0-32,0-40,0-48, stasiun kerja 4 diisi oleh operasi 0-15, 0-23,0-31,0-39,0-47,0-14,0-22,0-30,0-38,0-46,0-13,0-21,0-29,0-37, stasiun kerja 5 diisi oleh operasi 0-45,0-12,0-20,0-28,0-36,0-44,0-11,0-19,0-27,0-35,0-43, 0-52,0-10,0-18, dan stasiun kerja 6 diisi oleh operasi 0-26,0-34,0-42,0-54,0-56, 0-53,0-55,0-50,0-57,0-51,0-58,0-59,0-60,0-61,0-62,0-63,0-64.

Output produksi sesudah (kondisi usulan)

Jumlah stasiun kerja = 6

$$\begin{aligned} \text{Balance delay (BD)} &= \frac{(N \cdot t_c) - \sum t_i}{(N \cdot t_c)} \times 100\% \\ &= \frac{(6 \times 61.17) - 334.39}{6 \times 61.17} \times 100\% = 8.89\% \end{aligned}$$

Dengan kondisi usulan didapat nilai *balance delay* sebesar 8.89 % dari waktu pembuatan fiber anatomi sebesar 334.39 menit.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi lintasan} &= 100\% - \text{BD} \\ &= 100\% - 8.89\% = 91.11\% \end{aligned}$$

Besar efisiensi lintasan kondisi usulan dengan menggunakan 6 stasiun kerja sebesar 91.11 %.

Jumlah produk (Q) yang dihasilkan dengan 8 jam kerja, yaitu :

$$Q = \frac{T}{t_c} = \frac{8 \text{ jam} \times 60}{120.96} = 7.84 \approx 8 \text{ buah}$$

Karena pada proses produksi fiber anatomi menggunakan 10 tenaga kerja, maka output yang dihasilkan tiap harinya adalah $10 \times 8 = 80$ buah per hari.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan data-data yang telah dikumpulkan dalam memecahkan masalah keseimbangan lintasan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

Keseimbangan lintasan produksi dapat tercapai dengan cara memperpendek lintasan produksinya, yang semula menggunakan 7 stasiun kerja sehingga menjadi 6 stasiun kerja, dengan kondisi awal perusahaan didapat *balance delay* sebesar 59.80 %, *effisiensi* sebesar 40.2 % dan *output* produksi sebesar 40 buah per hari dan dengan metode pembebanan berurut didapat *balance delay* sebesar 8.89 %, *effisiensi* sebesar 91.11 % dan *output* produksi sebesar 80 buah per hari, sehingga target produksi perusahaan sebesar 48 buah per hari dapat terpenuhi.

5.2. Saran

Adapun hal yang dapat meningkatkan kelancaran dalam proses pembuatan fiber anatomi adalah sebagai berikut

1. Penyiapan dan pengaturan letak komponen fiber anatomi yang baik agar mudah dijangkau dan tidak tercampur, dan pekerja tidak lagi memilih ketika hendak membuat fiber anatomi.

2. Pekerjaan yang monoton seringkali membosankan dan menimbulkan kejenuhan yang menurunkan semangat kerja, untuk itu perlu diciptakan suasana kerja yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Baroto, Teguh, 2002, **“Perencanaan dan Pengendalian Produksi”**, Penerbit Ghalian Indonesia, Jakarta.
- Nasution, H, A, 1999, **“Perancangan dan Pengendalian Produksi”**, Jurusan Teknik Industri, ITS, Surabaya.
- Sumayang, Lalu, 2003, **“Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi” Edisi Pertama**, Penerbit Salemba Empat, Jakarta.
- Sutalaksana, 1979, **“Teknik Tata Cara Kerja”**, Jurusan Teknik Industri, ITB, Bandung.
- Apple, James, M, 1990, **“Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan” Edisi Ketiga**, ITB, Bandung.
- Wignjosoebroto, S, 2003, **“Pengantar Teknik dan Manajemen Industri” Edisi Pertama**, ITS, Penerbit Guna Widya, Jakarta.
- Wignjosoebroto, S, 1995, **“Ergonomi : Studi Gerak dan Waktu” Edisi Pertama**, ITS, Penerbit Guna Widya, Jakarta.
- Purnomo, Hari, 2004, **“Pengantar Teknik Industri” Edisi Kedua**, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Wignjosoebroto, S, 1992, **“Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja” Edisi Kedua**, ITS, Penerbit Guna Widya, Jakarta
- Sudjana, 1996, **“Metode Statistika”**, Edisi Ke-6, Penerbit Tarsito, Bandung